

**Plan Nacional de Transportes
de
Costa Rica
2011-2035**

VOLUMEN 3
Modelo de Transportes
Metodología

Septiembre de 2011

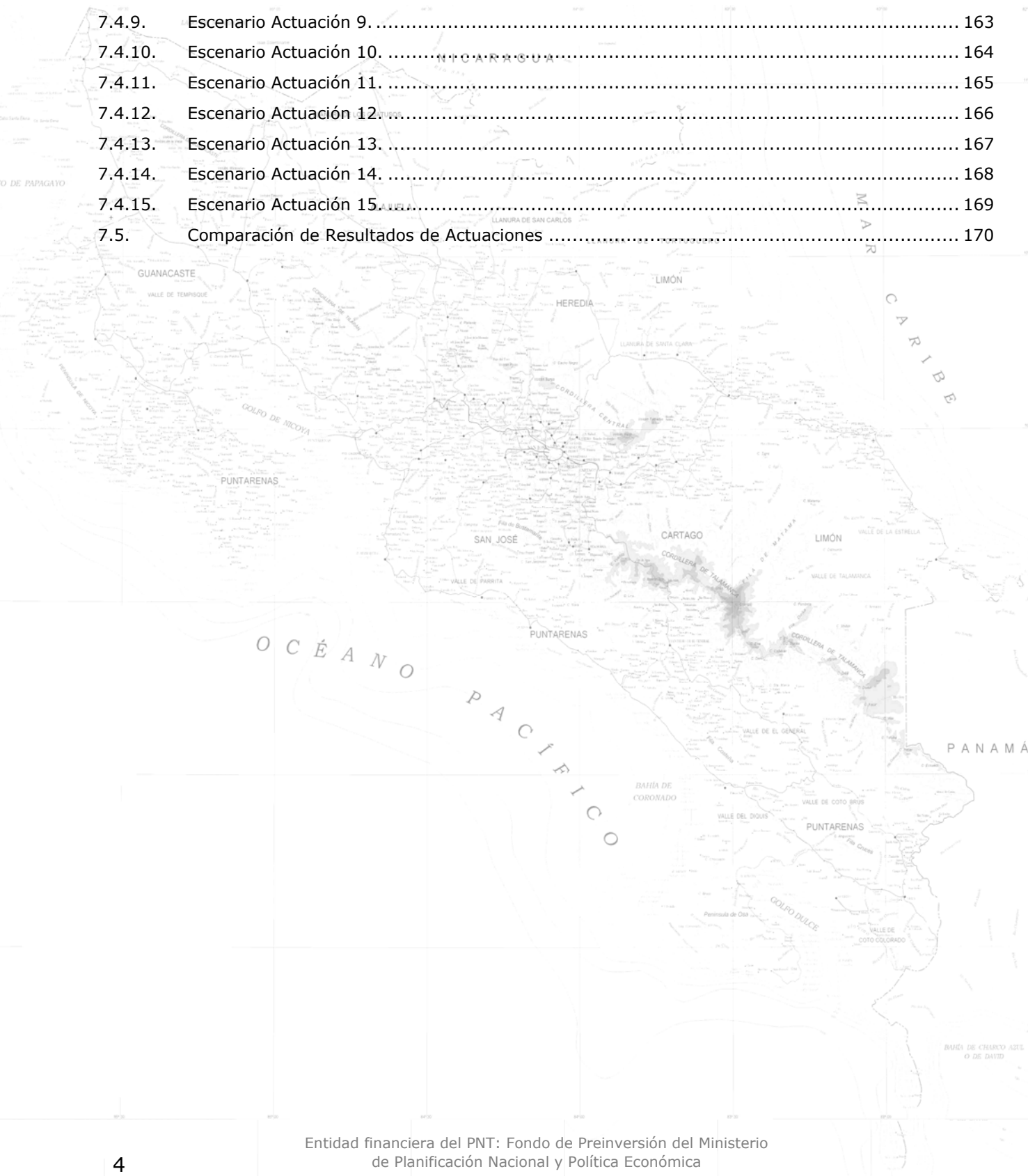
ÍNDICE

Pág.

1.	Preámbulo	12
2.	Información de Partida	13
2.1.	Zonificación	13
2.2.	Variables Socioeconómicas	18
2.2.1.	Población	18
2.2.2.	Empleo	21
2.2.3.	Motorización	23
2.2.4.	Vivienda	27
2.2.5.	Empresas	30
2.2.6.	Producto Interno Bruto. PIB	34
3.	Situación Actual	35
3.1.	Transporte por Carreteras	36
3.1.1.	Oferta Modo Carretera	36
3.1.2.	Demanda Modo Carretera	41
3.2.	Transporte Aéreo	49
3.2.1.	Oferta Modo Aéreo	49
3.2.2.	Demanda Modo Aéreo	52
3.3.	Transporte Ferroviario	52
3.3.1.	Oferta Modo Ferroviario	52
3.3.2.	Demanda Modo Ferroviario	54
3.4.	Transporte Marítimo	56
3.4.1.	Oferta Modo Marítimo	56
3.4.2.	Demanda Modo Marítimo	58
4.	Modelo de Transportes. Generalidades	63
4.1.	Introducción	63
4.2.	Consideraciones Generales de la Metodología	63
4.3.	Características principales del software	65
5.	Modelo de Transportes. Escenario Base	66
5.1.	Introducción	66
5.2.	Zonificación	67
5.3.	Modelo de Oferta	76
5.3.1.	Modo Carretera	77
5.4.	Modelo de Demanda	86
5.4.1.	Generación	87

5.4.2.	Distribución.....	99
5.4.3.	Reparto Modal	99
5.4.4.	Asignación	102
6.	Modelo de Transportes. Escenarios Futuros	107
6.1.	Introducción.....	107
6.2.	Escenario Futuros de Oferta.....	107
6.2.1.	Escenarios 2018.....	109
6.2.2.	Escenarios 2035.....	110
6.3.	Escenario Futuros de Demanda	120
6.4.	Asignación y Resultados	121
7.	Escenarios 2035 con Actuación.....	137
7.1.	Introducción.....	137
7.2.	Demanda	137
7.3.	Oferta... ..	137
7.3.1.	Escenario Actuación 1.	139
7.3.2.	Escenario Actuación 2.	140
7.3.3.	Escenario Actuación 3.	141
7.3.4.	Escenario Actuación 4.	142
7.3.5.	Escenario Actuación 5.	143
7.3.6.	Escenario Actuación 6.	144
7.3.7.	Escenario Actuación 7.	145
7.3.8.	Escenario Actuación 8.	146
7.3.9.	Escenario Actuación 9.	147
7.3.10.	Escenario Actuación 10.	148
7.3.11.	Escenario Actuación 11.	149
7.3.12.	Escenario Actuación 12.	150
7.3.13.	Escenario Actuación 13.	151
7.3.14.	Escenario Actuación 14.	152
7.3.15.	Escenario Actuación 15.	153
7.4.	Resultados	154
7.4.1.	Escenario Actuación 1.	155
7.4.2.	Escenario Actuación 2.	156
7.4.3.	Escenario Actuación 3.	157
7.4.4.	Escenario Actuación 4.	158
7.4.5.	Escenario Actuación 5.	159
7.4.6.	Escenario Actuación 6.	160
7.4.7.	Escenario Actuación 7.	161

7.4.8.	Escenario Actuación 8.	162
7.4.9.	Escenario Actuación 9.	163
7.4.10.	Escenario Actuación 10.	164
7.4.11.	Escenario Actuación 11.	165
7.4.12.	Escenario Actuación 12.	166
7.4.13.	Escenario Actuación 13.	167
7.4.14.	Escenario Actuación 14.	168
7.4.15.	Escenario Actuación 15.	169
7.5.	Comparación de Resultados de Actuaciones	170



ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1.	Distribución administrativa. Provincias, cantones y distritos	14
Tabla 2.	Distribución de la población por provincia. Años 2002-2008.....	18
Tabla 3.	Distribución de la población por cantón. Años 2002-2008.....	18
Tabla 4.	Población total por condición de actividad. Años 2002-2008	21
Tabla 5.	Distribución de ocupados a nivel cantón. Años 2002-2008.....	21
Tabla 6.	Vehículos automotores en circulación según tipo. Años 2002-2008	24
Tabla 7.	Índice de Motorización. Años 2002-2008	24
Tabla 8.	Total de vehículos automotores en circulación según cantón. Años 2002-2008	25
Tabla 9.	Total de viviendas ocupadas y promedio de habitantes. Años 2002-2008	27
Tabla 10.	Total de viviendas según cantón. Años 2002-2008	28
Tabla 11.	Total del número de empresas según sectores de actividad económica. Año 2008	30
Tabla 12.	Evolución del número de patronos según cantón. Período 2005-2009.....	31
Tabla 13.	Producto Interno Bruto a precios constantes según rama de actividad (millones de colones). Años 2002-2008.....	34
Tabla 14.	Longitud de la red vial por tipo de superficie de rodamiento (kilómetros).....	36
Tabla 15.	Listado de rutas de la red vial nacional primaria según provincias	37
Tabla 16.	Listado de rutas de la red vial nacional secundarias según provincias.....	38
Tabla 17.	Listado de rutas de la red vial nacional terciaria según provincias.....	39
Tabla 18.	Transporte de pasajeros por carreteras según modo (viajeros/día). Año 2010.....	42
Tabla 19.	Matriz en Vehículo Privado según provincias. Viajes/día. Año 2010	42
Tabla 20.	Matriz en autobús según provincias. Viajes/día. Año 2010	43
Tabla 21.	Transporte internacional de carga por carreteras según frontera (millones de toneladas). Año 2007.....	43
Tabla 22.	Número de autobuses en los puntos de aforo de los trabajos de campo.....	46
Tabla 23.	Rutas de la red vial con estación de peaje.....	46
Tabla 24.	Historial de conteo de vehículos por estación de peaje. Años 1998-2007	46
Tabla 25.	Tránsito promedio diario (TPD) de puntos de aforos del plan de investigación directa, según ruta y tipo de vehículo. Año 2010.....	47
Tabla 26.	Listado de aeródromos según tipo, propiedad, provincia, cantón y clase de superficie	49
Tabla 27.	Pasajeros y mercancías (miles de toneladas). Aeródromo Juan Santamaría. Años 1999-2007	52
Tabla 28.	Mercancías por línea de ferrocarril. Toneladas al año. Años 2001-2007	55
Tabla 29.	Mercancías por línea de ferrocarril y producto. Toneladas al año. Años 2004-2007.....	55
Tabla 30.	Pasajeros línea urbana Pavas – San Pedro. Viajeros al año. Años 2007-2009	56

Tabla 31.	Rutas vigentes autorizadas por ARESEP para los servicios de cabotaje	58
Tabla 32.	Llegadas de cruceros y pasajeros. Años 1993-2008.....	59
Tabla 33.	Llegadas de cruceros y pasajeros según puerto. Años 2005-2009.....	59
Tabla 34.	Tráfico de carga por costa. Toneladas métricas. Años 2005-2007	59
Tabla 35.	Tráfico de carga por principales productos y puertos del atlántico (Toneladas Métricas). Años 2004-2008	61
Tabla 36.	Tráfico de carga por principales productos y puertos del pacífico (Toneladas Métricas). Años 2005-2007	61
Tabla 37.	Zonas de transporte según cantón y distrito.....	68
Tabla 38.	Estructura de la base de datos dentro del modelo. Red de carreteras	78
Tabla 39.	Hipótesis de explotación por tipo de ruta. Red de carreteras.....	78
Tabla 40.	Capacidad para la red viaria según el tipo de ruta. Vehículos/hora.....	79
Tabla 41.	Hipótesis de tarifa por usuario y modo	80
Tabla 42.	Hipótesis de tarifa por estación de peaje	81
Tabla 43.	Estructura de la base de datos dentro del modelo. Red de autobús.....	82
Tabla 44.	Hipótesis de explotación. Líneas de ferrocarril	82
Tabla 45.	Variables utilizadas agregadas por zonas de transporte. Año 2010	89
Tabla 46.	Análisis multicriterio del modelo de viajes producidos.....	95
Tabla 47.	Análisis multicriterio del modelo de viajes atraídos.....	97
Tabla 48.	Hipótesis de tarifa por modo.....	101
Tabla 49.	Hipótesis de tarifa por peaje	101
Tabla 50.	Evolución de las tarifas y del valor del tiempo para el transporte de viajeros.....	108
Tabla 51.	Evolución de las tarifas de peaje	108
Tabla 52.	Características técnicas mínimas por nivel jerárquico.....	108
Tabla 53.	Longitudes según jerarquía funcional	109
Tabla 54.	Longitudes según jerarquía funcional	110
Tabla 55.	Longitudes según jerarquía funcional	110
Tabla 56.	Longitudes según jerarquía funcional	111
Tabla 57.	Proyecciones de población, índice de motorización y número de empresas. Años 2010, 2018 y 2035.....	121
Tabla 58.	Demanda de vehículo privado. Escenarios futuros. Años 2018 y 2035.....	121
Tabla 59.	Resultados de la asignación. Año 2018	122
Tabla 60.	Resultados de la asignación. Año 2035	122
Tabla 61.	Comparativa de escenarios. Año 2018.....	122
Tabla 62.	Comparativa de escenarios. Año 2035.....	122
Tabla 63.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 1. Año 2035.	139
Tabla 64.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 2. Año 2035.	140

Tabla 65.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 3. Año 2035.	141
Tabla 66.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 4. Año 2035.	142
Tabla 67.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 5. Año 2035.	143
Tabla 68.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 6. Año 2035.	144
Tabla 69.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 7. Año 2035.	145
Tabla 70.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 8. Año 2035.	146
Tabla 71.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 9. Año 2035.	147
Tabla 72.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 10. Año 2035.	148
Tabla 73.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 11. Año 2035.	149
Tabla 74.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 12. Año 2035.	150
Tabla 75.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 13. Año 2035.	151
Tabla 76.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 14. Año 2035.	152
Tabla 77.	Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 15. Año 2035.	153
Tabla 78.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 1	155
Tabla 79.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 2	156
Tabla 80.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 3	158
Tabla 81.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 4	159
Tabla 82.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 5	160
Tabla 83.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 6	161
Tabla 84.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 7	162
Tabla 85.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 8	163
Tabla 86.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 9	164
Tabla 87.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 10	165
Tabla 88.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 11	166
Tabla 89.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 12	167
Tabla 90.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 13	168
Tabla 91.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 14	169
Tabla 92.	Resultados de la asignación. Escenario Actuación 15	170

Tabla 93. Resultados de la asignación. Comparación Escenario Tendencial Vs. Escenarios con Actuación. Año 2035.....	171
Tabla 94. Resultados del Análisis Multicriterio	173
Tabla 95. Listado de prioridad de actuaciones inicial.....	173



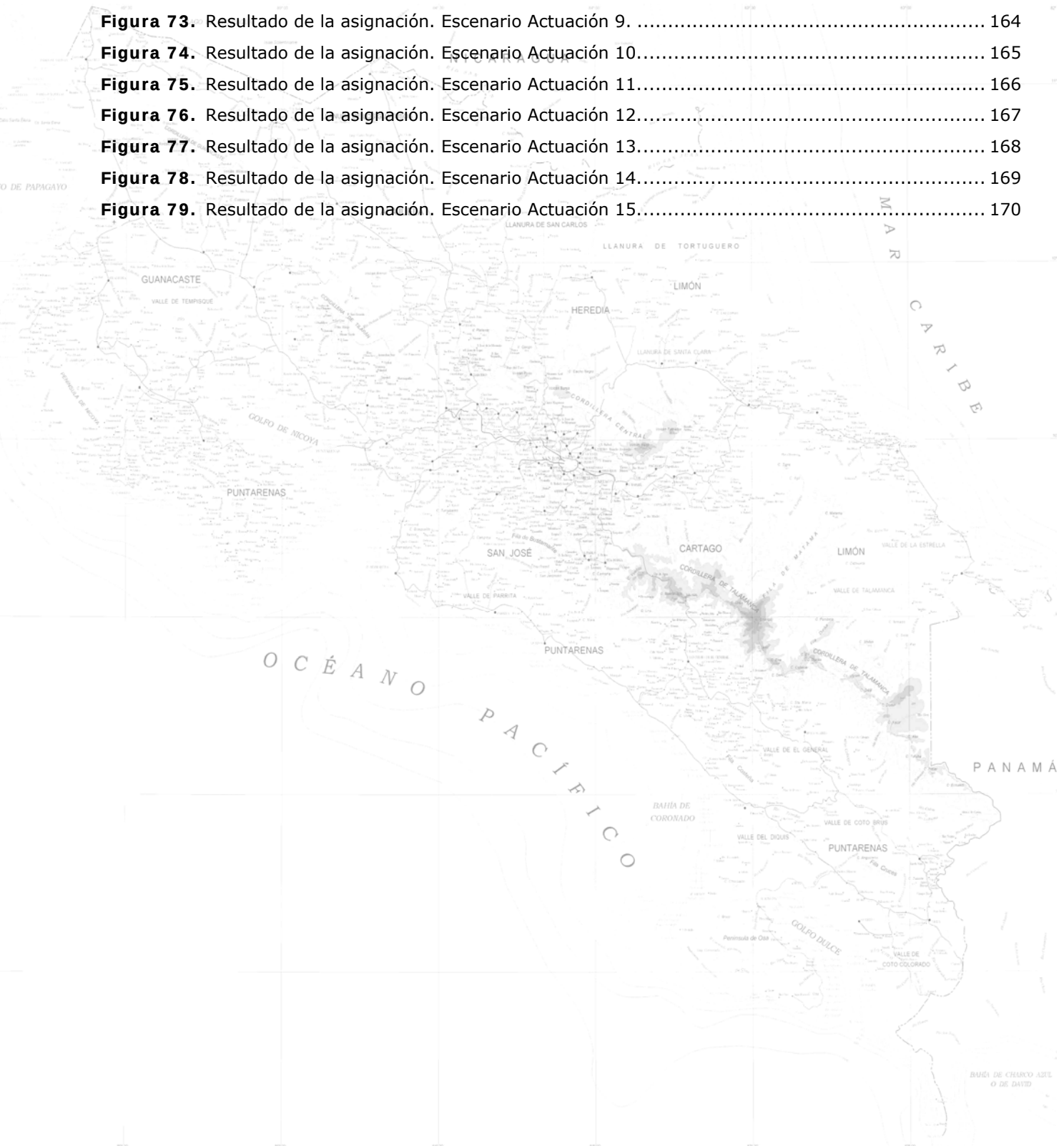
ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.	Distribución administrativa. Provincias y cantones	13
Figura 2.	Distribución de la población por cantón. Año 2008	20
Figura 3.	Distribución de ocupados por cantón. Año 2008.....	23
Figura 4.	Distribución Vehicular. Año 2008.....	24
Figura 5.	Distribución de vehículos en circulación por cantón. Año 2008	27
Figura 6.	Distribución de viviendas por cantón. Año 2008.....	30
Figura 7.	Distribución de empresas por cantón. Año 2008	33
Figura 8.	Producto Interno Bruto a precios constantes. Años 2002-2008.....	35
Figura 9.	Distribución de la red vial por tipo de rodamiento	36
Figura 10.	Red Vial Nacional	37
Figura 11.	Red de autobús según tipo de línea.....	41
Figura 12.	Ubicación de las estaciones de recuento en la red vial nacional.	44
Figura 13.	Ubicación de los puntos de aforo de los trabajos de campo.....	45
Figura 14.	Ubicación de los puntos de aforo de los trabajos de campo, detalle.....	45
Figura 15.	Mapa de aeródromos	49
Figura 16.	Red líneas ferroviarias del Atlántico y del Pacífico	53
Figura 17.	Red línea urbana San José - Heredia	53
Figura 18.	Red línea urbana Pavas – San Pedro	54
Figura 19.	Ubicación de los puertos	57
Figura 20.	Línea del servicio de cabotaje Puntarenas - Paquera.....	58
Figura 21.	Demanda servicio de la línea Puntarenas-Paquera. Viajeros y vehículos. Años 1996-2006.....	63
Figura 22.	Zonas de transporte	76
Figura 23.	Red de carretera. Situación actual	83
Figura 24.	Red de carretera. Situación actual. Detalle.....	84
Figura 25.	Red de Transporte Público. Situación actual.	85
Figura 26.	Ajuste del modelo de generación de viajes producidos.	96
Figura 27.	Ajuste del modelo de generación de viajes atraídos.....	98
Figura 28.	Asignación del escenario actual. Vehículo Privado.	105
Figura 29.	Asignación del escenario actual. Vehículo Privado. Detalle	106
Figura 30.	Red de vehículo privado. Escenario Jerarquía Funcional 2018.	112
Figura 31.	Red de vehículo privado. Escenario Jerarquía Funcional 2018. Detalle.....	113
Figura 32.	Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Recesiva.	114
Figura 33.	Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Recesiva. Detalle.....	115
Figura 34.	Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Parcial.	116

Figura 35. Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Parcial. Detalle.....	117
Figura 36. Red de vehículo privado. Escenario RVE Expansiva.....	118
Figura 37. Red de vehículo privado. Escenario RVE Expansiva. Detalle.	119
Figura 38. Resultado de la asignación. Escenario Jerarquía Funcional 2018.....	124
Figura 39. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario Jerarquía Funcional 2018.	125
Figura 40. Resultado de la asignación. Escenario Tendencial 2018.....	126
Figura 41. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario Tendencial 2018.	127
Figura 42. Resultado de la asignación. Escenario RVE Expansiva.	128
Figura 43. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario RVE Expansiva.....	129
Figura 44. Resultado de la asignación. Escenario RVE Parcial 2035.....	130
Figura 45. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario RVE Parcial 2035.	131
Figura 46. Resultado de la asignación. Escenario RVE Recesiva 2035.....	132
Figura 47. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario RVE Recesiva 2035.	133
Figura 48. Resultado de la asignación. Escenario Tendencial 2035.....	134
Figura 49. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario Tendencial 2035.	135
Figura 50. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 1.	140
Figura 51. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 2.	141
Figura 52. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 3.	142
Figura 53. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 4.	143
Figura 54. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 5.	144
Figura 55. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 6.	145
Figura 56. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 7.	146
Figura 57. Red de Carreteras. Escenario Actuación 8.	147
Figura 58. Red de Carreteras. Escenario Actuación 9.	148
Figura 59. Red de Carreteras. Actuación 10.	149
Figura 60. Red de Carreteras. Escenario Actuación 11.	150
Figura 61. Red de Carreteras. Escenario Actuación 12.	151
Figura 62. Red de Carreteras. Escenario Actuación 13.	152
Figura 63. Red de Carreteras. Escenario Actuación 14.	153
Figura 64. Red de Carreteras. Escenario Actuación 15.	154
Figura 65. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 1.	156
Figura 66. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 2.	157
Figura 67. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 3.	158
Figura 68. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 4.	159
Figura 69. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 5.	160
Figura 70. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 6.	161
Figura 71. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 7.	162

Figura 72. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 8.	163
Figura 73. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 9.	164
Figura 74. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 10.....	165
Figura 75. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 11.....	166
Figura 76. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 12.....	167
Figura 77. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 13.....	168
Figura 78. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 14.....	169
Figura 79. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 15.....	170



1. Preámbulo

Este informe presenta las diversas medidas adoptadas en el desarrollo del modelo de transporte de Costa Rica en la situación actual y la base para el desarrollo de escenarios futuros.

Un modelo es una representación simplificada de la realidad. Es una abstracción utilizada para lograr una mayor claridad al acercarse a la realidad, incluyendo su variedad y complejidad reducida, con el modelo, a niveles que puedan entender y analizar adecuadamente los detalles.

El objetivo de las tareas relativas a la modelización de la red del sistema de transporte de Costa Rica es construir una herramienta para reproducir el comportamiento de dicha red en la situación actual y predecir el comportamiento esperado en los escenarios futuros.

El informe está estructurado tal como se describe a continuación:

Una primera parte que incluye la información general de partida: delimitación del área de estudio y zonificación inicial, y datos socioeconómicos disponibles que servirán como base para el modelo.

Una segunda parte que analiza la información de la oferta y la demanda de transporte recogida en la etapa de levantamiento de la información general, para establecer una caracterización de la situación actual.

En la tercera parte se describe la metodología general para el desarrollo de modelos de transporte y las principales características del programa informático utilizado para su aplicación.

La cuarta parte detalla los pasos del proceso seguido para la modelización del escenario base:

- Zonificación para el modelo.
- Estructuración del modelo de oferta en el programa informático utilizado.
- Metodología y desarrollo del modelo de demanda.

Por último, se incluye la base para la estimación y asignación de los escenarios futuros propuestos.

2. Información de Partida

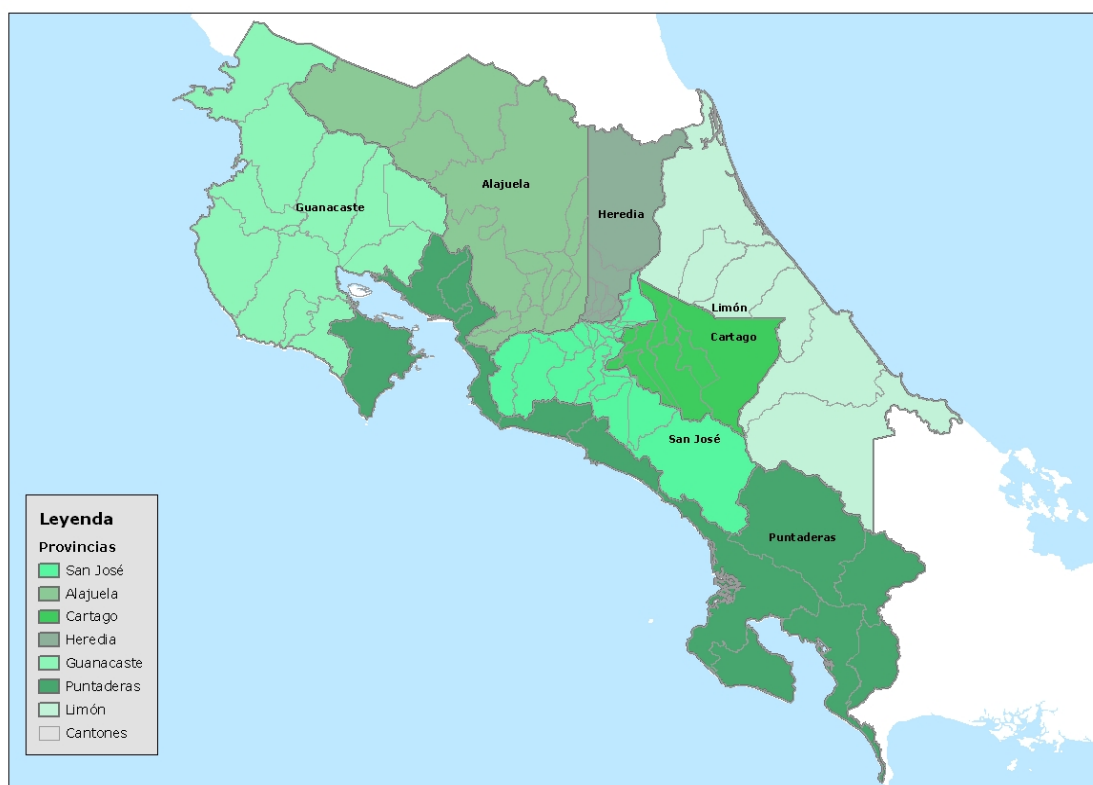
2.1. Zonificación

Todo el proceso de modelización de la red de transportes debe tener una referencia espacial que relacione la red (oferta) con los datos de movilidad (demanda). Por lo tanto es necesario delimitar la zona de estudio y su zonificación.

El objetivo de la zonificación es configurar la base de referencia espacial para los datos de los flujos de viajes y las variables explicativas utilizadas en el proceso de modelización. El nivel de desagregación depende de la infraestructura analizada y el área de estudio.

Las normas habituales de desagregación se corresponden con las divisiones administrativas de los países y las zonas deberán tener una cierta homogeneidad en los parámetros que afectan a la movilidad.

Figura 1. Distribución administrativa. Provincias y cantones



Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

En el caso del Plan Nacional de Transportes de Costa Rica (PNTCR), se considera como área de estudio el territorio del país, teniendo en cuenta los tráficos con origen y destino dentro del mismo, partiendo de la división en 7 provincias, 81 cantones y 471 distritos.

Tabla 1. Distribución administrativa. Provincias, cantones y distritos

Provincia	Canton	Distrito	Provincia	Canton	Distrito
San José	San José	Carmen		Alajuelita	Alajuelita
		Merced			San Josecito
		Hospital		San Antonio	
		Catedral		Concepción	
		Zapote		San Felipe	
		San Francisco de Dos Ríos		San Isidro	
		Uruca		San Rafael	
		Mata Redonda		Dulce Nombre de Jesús	
		Pavas		Patalillo	
		Hatillo		Cascajal	
	San Sebastián	San Ignacio			
	Escazú	Escazú		Guaitil	
		San Antonio		Palmichal	
	Desamparados	San Rafael		Cangrejal	
		Desamparados		Sabanillas	
		San Miguel		San Juan	
		San Juan de Dios		Cinco Esquinas	
		San Rafael Arriba		Anselmo Llorente	
		San Antonio		León XIII	
		Frailles		Colima	
		Patarrá		San Vicente	
		San Cristóbal		San Jerónimo	
		Rosario		Trinidad	
Damas	San Pedro				
San Rafael Abajo	Sabanilla				
Gravilias	Mercedes				
Los Guido	San Rafael				
Puriscal	Santiago	San Pablo			
	Mercedes Sur	San Pedro			
	Barbacoas	San Juan de Mata			
	Grifo Alto	San Luis			
	San Rafael	Carara			
	Candelarita	Santa María			
Tarrazú	Desamparaditos	Jardín			
	San Antonio	Copey			
	Chires	Curridabat			
	San Marcos	Granadilla			
Aserri	San Lorenzo	Sánchez			
	San Carlos	Tirrases			
	Aserri	San Isidro de El General			
	Tarbaca	General			
	Vuelta de Jorco	Daniel Flores			
	San Gabriel	Rivas			
Mora	Legua	San Pedro			
	Monterrey	Platanares			
	Salitrillos	Pejibaye			
	Colón	Cajón			
	Guayabo	Barú			
Goicoechea	Tabarcia	Río Nuevo			
	Piedras Negras	Páramo			
	Picagres	San Pablo			
	Guadalupe	San Andrés			
	San Francisco	Llano Bonito			
Santa Ana	Calle Blancos	San Isidro			
	Mata de Plátano	Santa Cruz			
	Ipís	San Antonio			
	Rancho Redondo				
	Purral				
	Santa Ana				
	Salitral				
	Pozos				
	Uruca				
	Piedades				
	Brasil				

Provincia	Canton	Distrito
Alajuela	Alajuela	Alajuela
		San José
		Carrizal
		San Antonio
		Guácima
		San Isidro
		Sabanilla
		San Rafael
		Río Segundo
		Desamparados
	San Ramón	Turrúcares
		Tambor
		Garita
		Sarapiquí
		San Ramón
		Santiago
		San Juan
		Piedades Norte
		Piedades Sur
		San Rafael
	San Carlos	San Isidro
		Ángeles
		Alfaro
		Volio
		Concepción
		Zapotal
		Peñas Blancas
		Quesada
		Florencia
		Aguas Zarcas
	Alfaro Ruiz	Venecia
		Pital
		Fortuna
		Tigra
		Palmera
		Venado
		Cutris
		Monterrey
		Pocosol
		Zarcero
	Valverde Vega	Laguna
		Tapezco
		Guadalupe
		Palmira
		Zapote
		Brisas
		Sarchí Norte
		Sarchí Sur
		Toro Amarillo
		San Pedro
	Upala	Rodríguez
		Upala
		Aguas Claras
		San José (Pizote)
		Bijagua
		Delicias
		Dos Ríos
		Yolillal
		Los Chiles
		Caño Negro
	Los Chiles	El Amparo
		San Jorge

Provincia	Canton	Distrito
	Guatuso	San Rafael
		Buenavista
		Cote
		Katira
	Grecia	Grecia
		San Isidro
		San José
		San Roque
		Tacares
		Río Cuarto
		Puente de Piedra
		Bolívar
		San Mateo
	San Mateo	Desmonte
		Jesús María
	Atenas	Atenas
		Jesús
		Mercedes
		San Isidro
		Concepción
		San José
		Santa Eulalia
		Escobal
	Naranjo	Naranjo
		San Miguel
		San José
		Cirrí Sur
		San Jerónimo
		San Juan
		Rosario
		Palmitos
	Palmares	Palmares
		Zaragoza
		Buenos Aires
		Santiago
		Candelaria
		Esquipulas
		Granja
	Poás	San Pedro
		San Juan
		San Rafael
		Carrillos
		Sabana Redonda
	Orotina	Orotina
		Mastate
		Hacienda Vieja
		Coyolar
		Ceiba

Provincia	Canton	Distrito	Provincia	Canton	Distrito
Cartago	Cartago	Oriental	Guanacaste	Santo Domingo	Santo Domingo
		Occidental			San Vicente
		Carmen			San Miguel
		San Nicolás			Paracito
		Agua Caliente (San Francisco)			Santo Tomás
		Guadalupe (Arenilla)			Santa Rosa
		Corralillo			Tures
		Tierra Blanca			Pará
		Dulce Nombre		Santa Bárbara	Santa Bárbara
		Llano Grande			San Pedro
		Quebradilla		San Rafael	San Juan
	Paraíso	Paraíso			Jesús
		Santiago			Santo Domingo
		Orosí	San Isidro	San Isidro	Purabá
	La Unión	Cachí			San Rafael
		Llanos de Santa Lucía			San Josecito
		Tres Ríos	Belén	Belén	Santiago
		San Diego			Ángeles
		San Juan			Concepción
	Jiménez	San Rafael	Flores	Flores	San Isidro
		Concepción			San José
		Dulce Nombre			Concepción
		San Ramón	San Pablo	San Pablo	San Francisco
		Río Azul			San Antonio
	Turrialba	Juan Viñas			Ribera
		Tucurrique	Sarapiquí	Sarapiquí	Asunción
		Pejibaye			San Joaquín
		Turrialba			Barrantes
		La Suiza	Liberia	Liberia	Llorente
		Peralta			San Pablo
		Santa Cruz			Rincón de Sabanilla
		Santa Teresita	Nicoya	Nicoya	Puerto Viejo
		Pavones			La Virgen
		Tuis			Horquetas
Heredia	Alvarado	Tayutic	Santa Cruz	Santa Cruz	Llanuras del Gaspar
		Santa Rosa			Cureña
		Tres Equis			Liberia
		La Isabel			Cañas Dulces
		Chirripó			Mayorga
		Pacayas			Nacascolo
		Cervantes			Curubandé
		Capellades			Nicoya
		San Rafael			Mansión
		Cot			San Antonio
	Oreamuno	Potrero Cerrado			Quebrada Honda
		Cipreses			Sámara
		Santa Rosa			Nosara
	El Guarco	Tejar			Belén de Nosarita
		San Isidro			Santa Cruz
		Tobosí			Bolsón
	Barva	Patio de Agua			Veintisiete de Abril
		Heredia			Tempate
		Mercedes			Cartagena
	Barva	San Francisco			Cuajiniquil
		Ulloa			Diriá
		Vara Blanca			Cabo Velas
		Barva			Tamarindo
		San Pedro			Bagaces
		San Pablo			Fortuna
		San Roque			Mogote
		Santa Lucía			Río Naranjo
		San José de la Montaña			

Provincia	Canton	Distrito	Provincia	Canton	Distrito
	Carrillo	Filadelfia Palmira Sardinal Belén		Montes de Oro	Miramar Unión San Isidro
	Cañas	Cañas Palmira San Miguel Bebedero Porozal		Osa	Puerto Cortés Palmar Sierpe Bahía Ballena Piedras Blancas
	Abangares	Juntas Sierra San Juan Colorado		Aguirre	Quepos Savegre Naranjito Golfito
	Tilarán	Tilarán Quebrada Grande Tronadora Santa Rosa Líbano Tierras Morenas Arenal		Golfito	Puerto Jiménez Guaycará Pavón
	Nandayure	Carmona Santa Rita Zapotal San Pablo Porvenir Bejuco		Coto Brus	San Vito Sabalito Aguabuena Limoncito Pittier
	La Cruz	La Cruz Santa Cecilia Garita Santa Elena		Parrita Corredores	Parrita Corredor La Cuesta Canoas Laurel
	Hojancha	Hojancha Monte Romo Puerto Carrillo Huacas		Garabito	Jacó Tárcoles
	Puntarenas	Puntarenas Pitahaya Chomes Lepanto Paquera Manzanillo Guacimal Barranca Monte Verde Cóbano Chacarita Chira Acapulco El Roble Arancibia	Limón	Limón	Limón Valle La Estrella Río Blanco Matama Guápiles Jiménez Rita Roxana Cariari Colorado
Puntarenas	Puntarenas	Puntarenas Pitahaya Chomes Lepanto Paquera Manzanillo Guacimal Barranca Monte Verde Cóbano Chacarita Chira Acapulco El Roble Arancibia		Pococí	Guápiles Jiménez Rita Roxana Cariari Colorado
	Esparza	Espíritu Santo San Juan Grande Macacona San Rafael San Jerónimo		Siquirres	Siquirres Pacuarito Florida Germania Cairo Alegria Bratsi
	Buenos Aires	Buenos Aires Volcán Potrero Grande Boruca Pilas Colinas Chánguena Biolley Brunka		Talamanca	Sixtola Cahuitta Telire
				Matina	Matina Batán Carrandi
				Guácimo	Guácimo Mercedes Pocora Río Jiménez Duacari

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

2.2. Variables Socioeconómicas

Para caracterizar el modelo, es necesario conocer las variables socioeconómicas del área de estudio, para más adelante reproducir la movilidad según dichas variables.

2.2.1. Población

Costa Rica tiene una población total de 4.412.474 para el año 2008, siendo la provincia de San José la que mayor participación tiene (35%).

Tabla 2. Distribución de la población por provincia. Años 2002-2008

Provincia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1 San José	1.435.449	1.454.020	1.471.946	1.489.237	1.505.851	1.522.749	1.539.837
2 Alajuela	767.141	777.997	788.607	799.454	810.165	821.390	833.081
3 Cartago	461.163	467.193	472.970	478.497	484.186	489.673	495.249
4 Heredia	378.681	383.936	388.970	394.045	398.865	403.907	408.926
5 Guanacaste	282.643	286.550	290.492	294.667	298.897	303.618	308.386
6 Puntarenas	384.303	390.340	396.496	402.646	408.654	414.730	421.182
7 Limón	366.484	372.966	379.819	386.163	392.616	399.241	405.813
Total	4.075.864	4.133.002	4.189.300	4.244.709	4.299.234	4.355.308	4.412.474

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

En los últimos años la tasa de crecimiento de población fue del 1,3%, con un máximo de 1,7% en Limón y un mínimo de 1,2% en San José y Cartago. Se dispone de datos de población desde 2002 hasta 2008 con desagregación por distritos (ver anexo estadístico), sin embargo para simplificación del documento a continuación se presenta por cantones con su respectiva tasa de crecimiento anual acumulado (c.a.a.).

Tabla 3. Distribución de la población por cantón. Años 2002-2008

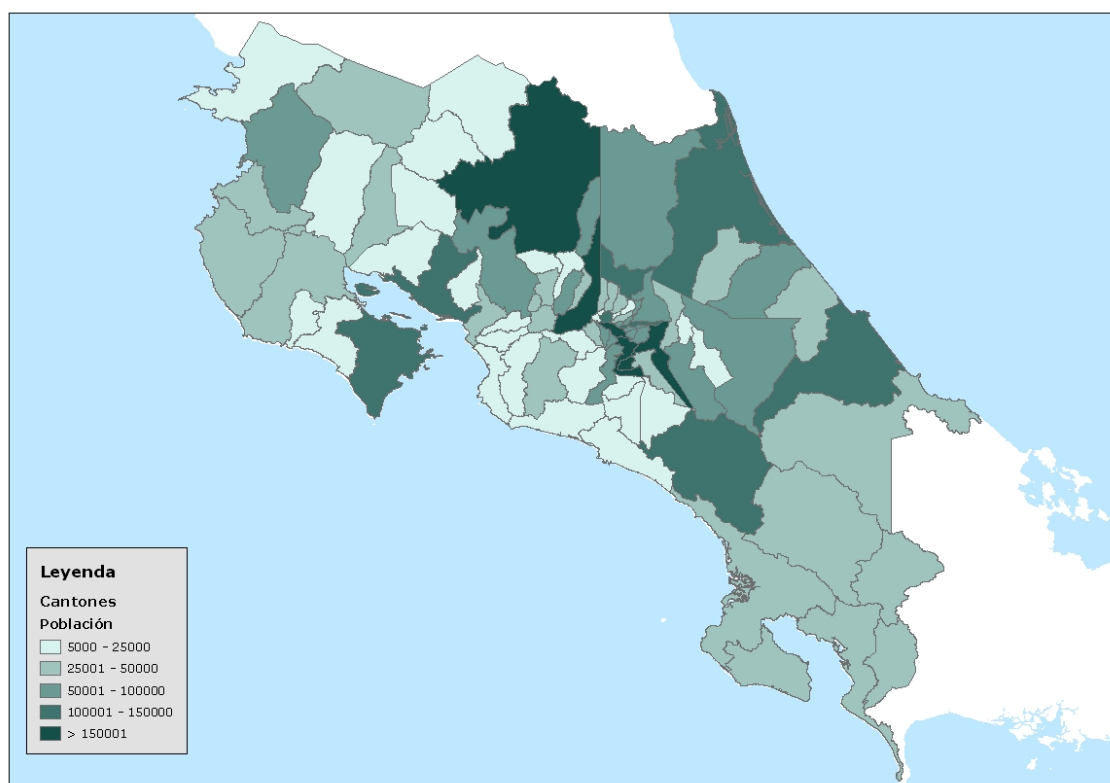
Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	c.a.a. %
101 San José	330.529	334.780	339.046	342.977	346.799	350.535	354.409	1,2
102 Escazú	56.002	56.734	57.533	58.311	59.091	59.811	60.673	1,3
103 Desamparados	206.707	209.636	212.451	215.051	217.568	220.182	222.675	1,2
104 Puriscal	31.202	31.508	31.777	32.085	32.364	32.633	32.937	0,9
105 Tarrazú	15.142	15.368	15.586	15.831	16.055	16.299	16.526	1,5
106 Aserri	52.808	53.512	54.204	54.903	55.511	56.150	56.779	1,2
107 Mora	23.004	23.277	23.503	23.739	23.990	24.208	24.476	1,0
108 Goicoechea	124.704	125.971	127.295	128.574	129.692	130.932	132.156	1,0
109 Santa Ana	36.963	37.504	37.985	38.578	39.078	39.618	40.205	1,4
110 Alajuelita	75.419	76.656	77.807	78.978	80.017	81.166	82.298	1,5
111 Vázquez de Corr.	59.113	59.905	60.655	61.357	62.058	62.762	63.465	1,2
112 Acosta	19.839	20.086	20.300	20.480	20.678	20.820	21.033	1,0
113 Tibás	76.816	77.820	78.685	79.563	80.352	81.139	81.891	1,1
114 Moravia	53.273	53.777	54.280	54.765	55.195	55.688	56.122	0,9
115 Montes de Oca	53.357	53.866	54.325	54.733	55.149	55.598	56.068	0,8
116 Turrubares	5.175	5.240	5.278	5.328	5.385	5.451	5.504	1,0
117 Dota	6.940	7.027	7.127	7.216	7.323	7.426	7.504	1,3
118 Curridabat	64.998	65.915	66.759	67.541	68.317	69.088	69.900	1,2

	Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	C.a.a. %
119	Pérez Zeledón	130.982	132.799	134.563	136.293	138.146	140.028	141.835	1,3
120	León Cortés	12.476	12.639	12.787	12.934	13.083	13.215	13.381	1,2
201	Alajuela	237.966	241.176	244.349	247.588	250.814	254.017	257.382	1,3
202	San Ramón	72.567	73.489	74.359	75.182	76.025	76.961	77.907	1,2
203	Grecia	69.703	70.665	71.569	72.505	73.441	74.384	75.363	1,3
204	San Mateo	5.643	5.706	5.746	5.804	5.852	5.881	5.919	0,8
205	Atenas	23.743	23.980	24.207	24.474	24.702	24.922	25.160	1,0
206	Naranjo	40.134	40.619	41.056	41.561	41.987	42.447	42.918	1,1
207	Palmares	31.608	31.938	32.225	32.546	32.892	33.224	33.585	1,0
208	Poás	26.476	26.856	27.150	27.498	27.839	28.249	28.666	1,3
209	Orotina	16.651	16.876	17.076	17.310	17.536	17.737	17.970	1,3
210	San Carlos	137.499	139.815	142.289	144.784	147.302	150.067	152.903	1,8
211	Alfaro Ruiz	11.555	11.721	11.862	11.999	12.135	12.303	12.449	1,2
212	Valverde Vega	17.322	17.521	17.723	17.899	18.095	18.305	18.525	1,1
213	Upala	40.767	41.510	42.225	42.896	43.524	44.216	44.990	1,7
214	Los Chiles	21.523	21.973	22.427	22.870	23.282	23.717	24.130	1,9
215	Guatuso	13.984	14.152	14.344	14.538	14.739	14.960	15.214	1,4
301	Cartago	140.686	142.446	144.073	145.748	147.330	148.883	150.473	1,1
302	Paraíso	55.923	56.662	57.452	58.201	58.994	59.693	60.395	1,3
303	La Unión	85.506	86.591	87.667	88.556	89.525	90.544	91.553	1,1
304	Jiménez	14.934	15.140	15.315	15.497	15.627	15.780	15.937	1,1
305	Turrialba	73.161	74.190	75.156	76.050	76.978	77.836	78.753	1,2
306	Alvarado	13.078	13.215	13.336	13.482	13.648	13.781	13.955	1,1
307	Oreamuno	41.584	42.108	42.595	43.071	43.644	44.184	44.704	1,2
308	El Guarco	36.291	36.841	37.376	37.892	38.440	38.972	39.479	1,4
401	Heredia	110.887	112.462	113.966	115.426	116.764	118.170	119.670	1,3
402	Barva	34.584	35.082	35.486	35.941	36.369	36.856	37.272	1,3
403	Santo Domingo	36.899	37.321	37.670	38.053	38.420	38.806	39.152	1,0
404	Santa Bárbara	31.152	31.574	31.981	32.369	32.766	33.151	33.514	1,2
405	San Rafael	39.636	40.148	40.655	41.139	41.694	42.156	42.651	1,2
406	San Isidro	17.037	17.200	17.365	17.545	17.722	17.935	18.127	1,0
407	Belén	21.085	21.328	21.576	21.828	22.052	22.291	22.530	1,1
408	Flores	16.037	16.257	16.478	16.712	16.904	17.171	17.408	1,4
409	San Pablo	22.038	22.313	22.588	22.830	23.040	23.269	23.513	1,1
410	Sarapiquí	49.326	50.251	51.205	52.202	53.134	54.102	55.089	1,9
501	Liberia	50.359	51.295	52.251	53.247	54.281	55.395	56.520	1,9
502	Nicoya	44.834	45.348	45.897	46.421	46.982	47.555	48.139	1,2
503	Santa Cruz	43.333	43.888	44.361	44.895	45.490	46.138	46.890	1,3
504	Bagaces	17.087	17.283	17.531	17.754	17.978	18.248	18.508	1,3
505	Carrillo	29.298	29.661	30.151	30.691	31.222	31.865	32.509	1,7
506	Cañas	25.897	26.237	26.583	26.941	27.326	27.753	28.163	1,4
507	Abangares	17.289	17.477	17.662	17.863	18.049	18.240	18.421	1,1
508	Tilarán	19.045	19.281	19.508	19.776	19.968	20.230	20.454	1,2
509	Nandayure	10.567	10.690	10.784	10.908	11.022	11.135	11.261	1,1
510	La Cruz	18.004	18.402	18.722	19.070	19.414	19.807	20.194	1,9
511	Hojancha	6.930	6.988	7.042	7.101	7.165	7.252	7.327	0,9
601	Puntarenas	109.799	111.459	113.115	114.824	116.498	118.101	119.814	1,5
602	Esparza	25.503	25.830	26.131	26.450	26.716	27.028	27.370	1,2
603	Buenos Aires	43.526	44.332	45.126	45.811	46.478	47.194	47.948	1,6

Cantón		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	C.a.a. %
604	Montes de Oro	11.806	11.904	12.030	12.170	12.307	12.424	12.570	1,1
605	Osa	27.592	27.923	28.271	28.579	28.964	29.369	29.783	1,3
606	Aguirre	21.705	22.009	22.393	22.796	23.189	23.657	24.123	1,8
607	Golfito	36.392	37.023	37.656	38.240	38.820	39.389	39.965	1,6
608	Coto Brus	43.570	44.297	44.991	45.669	46.286	46.926	47.606	1,5
609	Parrita	12.877	13.040	13.193	13.392	13.584	13.819	14.041	1,5
610	Corredores	40.274	40.969	41.716	42.487	43.211	43.858	44.558	1,7
611	Garabito	11.259	11.554	11.874	12.228	12.601	12.965	13.404	2,9
701	Limón	97.102	98.828	100.658	102.338	104.007	105.664	107.219	1,7
702	Pococí	111.201	113.091	115.099	116.895	118.787	120.825	122.832	1,7
703	Siquirres	56.246	57.095	58.011	58.813	59.636	60.491	61.349	1,5
704	Talamanca	28.328	29.033	29.706	30.383	31.072	31.821	32.555	2,3
705	Matina	36.058	36.775	37.487	38.190	38.901	39.631	40.321	1,9
706	Guácimo	37.549	38.144	38.858	39.544	40.213	40.809	41.537	1,7
Total		4.075.864	4.133.002	4.189.300	4.244.709	4.299.234	4.355.308	4.412.474	1,3

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

Figura 2. Distribución de la población por cantón. Año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

2.2.2. Empleo

La tasa de desempleo ha venido disminuyendo en el periodo analizado, sin embargo el último dato del INEC correspondiente al año 2009, representa un aumento en dicha tasa llegando a un 7,8%.

Tabla 4. Población total por condición de actividad. Años 2002-2008

Descripción		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total		3.997.883	4.088.773	4.178.755	4.266.185	4.353.843	4.443.100	4.533.162
Fuerza de Trabajo	Total	1.695.018	1.757.578	1.768.759	1.903.068	1.945.955	2.018.444	2.059.613
	Ocupados	1.586.491	1.640.387	1.653.879	1.776.903	1.829.928	1.952.652	1.957.708
	Desocupados	108.527	117.191	114.880	126.165	116.027	92.792	101.905
Población Inactiva	Total	2.302.865	2.331.195	2.409.996	2.363.117	2.407.888	2.424.656	2.473.549
	Menores de 12 años	937.056	921.594	928.275	916.438	917.797	900.927	901.565
	De 12 años o más	1.365.809	1.409.601	1.481.721	1.446.679	1.490.091	1.523.729	1.571.984
Tasa de Ocupación		51,8%	51,8%	50,9%	53,0%	53,3%	55,1%	53,9%
Tasa de Desempleo Abierto		6,4%	6,7%	6,5%	6,6%	6,0%	4,6%	4,9%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

Aunque para la serie disponible entre el año 2002 y el 2008 solo se tienen los datos de empleo para todo el país, con los datos del censo del año 2000 se dispone de las tasas de ocupación y desempleo abierto por cantón y distrito, pudiendo estimar valores muy aproximados para dicha serie con mayor desagregación.

A continuación se presentan los datos estimados de ocupación entre los años 2002 y 2008 por cantones. En el anexo estadístico se encuentran desagregados por distritos.

Tabla 5. Distribución de ocupados a nivel cantón. Años 2002-2008

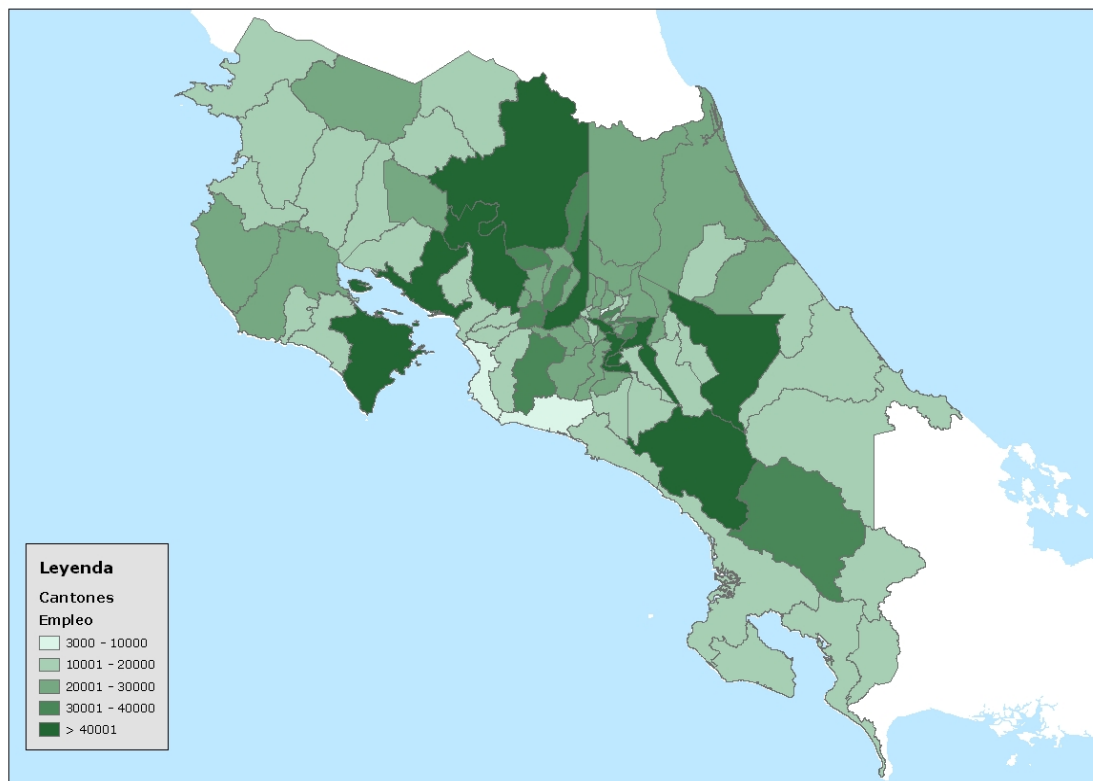
Cantón		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
101	San José	43.492	44.970	45.340	48.712	50.166	53.530	53.669
102	Escazú	12.387	12.808	12.913	13.874	14.288	15.246	15.285
103	Desamparados	46.099	47.665	48.057	51.632	53.173	56.739	56.885
104	Puriscal	28.003	28.954	29.192	31.364	32.300	34.466	34.555
105	Tarrazú	10.938	11.310	11.403	12.251	12.616	13.463	13.497
106	Aserrí	22.892	23.670	23.864	25.639	26.405	28.175	28.248
107	Mora	17.797	18.402	18.553	19.933	20.528	21.905	21.961
108	Goicoechea	27.160	28.083	28.314	30.420	31.328	33.429	33.515
109	Santa Ana	24.294	25.119	25.326	27.209	28.021	29.901	29.978
110	Alajuelita	19.199	19.851	20.014	21.503	22.145	23.630	23.691
111	Vázquez de Corr.	19.490	20.152	20.318	21.829	22.481	23.988	24.050
112	Acosta	17.151	17.734	17.880	19.210	19.783	21.110	21.164
113	Tibás	19.640	20.307	20.474	21.997	22.653	24.173	24.235
114	Moravia	11.859	12.262	12.363	13.283	13.679	14.597	14.634
115	Montes de Oca	16.781	17.351	17.494	18.795	19.356	20.654	20.708

Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
116 Turrubares	11.954	12.360	12.462	13.389	13.788	14.713	14.751
117 Dota	10.796	11.163	11.255	12.092	12.453	13.288	13.323
118 Curridabat	16.679	17.245	17.387	18.681	19.238	20.528	20.581
119 Pérez Zeledón	35.373	36.575	36.876	39.619	40.801	43.538	43.650
120 León Cortés	20.616	21.317	21.492	23.091	23.780	25.374	25.440
201 Alajuela	51.997	53.764	54.206	58.238	59.976	63.998	64.164
202 San Ramón	44.532	46.045	46.423	49.877	51.365	54.810	54.952
203 Grecia	28.845	29.825	30.071	32.307	33.271	35.503	35.595
204 San Mateo	10.206	10.552	10.639	11.431	11.772	12.561	12.594
205 Atenas	25.191	26.047	26.261	28.215	29.057	31.006	31.086
206 Naranjo	23.490	24.288	24.488	26.310	27.095	28.912	28.987
207 Palmares	24.278	25.103	25.309	27.192	28.003	29.881	29.959
208 Poás	18.915	19.558	19.719	21.185	21.818	23.281	23.341
209 Orotina	15.671	16.203	16.336	17.552	18.075	19.288	19.338
210 San Carlos	43.988	45.483	45.857	49.268	50.738	54.141	54.281
211 Alfaro Ruiz	27.885	28.832	29.069	31.231	32.163	34.320	34.409
212 Valverde Vega	18.120	18.735	18.890	20.295	20.900	22.302	22.360
213 Upala	18.970	19.615	19.776	21.247	21.881	23.349	23.409
214 Los Chiles	11.678	12.075	12.174	13.080	13.470	14.374	14.411
215 Guatuso	9.702	10.031	10.114	10.866	11.190	11.941	11.972
301 Cartago	41.083	42.478	42.828	46.013	47.387	50.565	50.695
302 Paraíso	14.600	15.096	15.220	16.352	16.840	17.969	18.016
303 La Unión	31.223	32.284	32.550	34.971	36.015	38.430	38.529
304 Jiménez	10.395	10.748	10.836	11.642	11.990	12.794	12.827
305 Turrialba	34.310	35.476	35.768	38.428	39.575	42.229	42.339
306 Alvarado	11.048	11.424	11.518	12.374	12.744	13.598	13.633
307 Oreamuno	19.096	19.745	19.907	21.388	22.027	23.504	23.565
308 El Guarco	14.946	15.454	15.581	16.740	17.240	18.396	18.444
401 Heredia	20.057	20.738	20.909	22.464	23.135	24.686	24.750
402 Barva	22.191	22.945	23.134	24.855	25.596	27.313	27.384
403 Santo Domingo	30.239	31.266	31.524	33.868	34.879	37.218	37.315
404 Santa Bárbara	22.325	23.083	23.273	25.004	25.751	27.478	27.549
405 San Rafael	19.238	19.892	20.055	21.547	22.190	23.678	23.740
406 San Isidro	14.915	15.422	15.548	16.705	17.203	18.357	18.405
407 Belén	11.812	12.213	12.314	13.230	13.625	14.538	14.576
408 Flores	11.285	11.668	11.764	12.639	13.016	13.889	13.925
409 San Pablo	3.882	4.014	4.047	4.348	4.478	4.778	4.791
410 Sarapiquí	18.175	18.792	18.947	20.356	20.964	22.370	22.428
501 Liberia	14.915	15.422	15.548	16.705	17.203	18.357	18.405
502 Nicoya	18.718	19.354	19.513	20.965	21.591	23.039	23.098
503 Santa Cruz	23.845	24.655	24.858	26.707	27.504	29.348	29.424
504 Bagaces	12.710	13.142	13.250	14.235	14.660	15.643	15.684
505 Carrillo	10.875	11.245	11.337	12.180	12.544	13.385	13.420
506 Cañas	15.419	15.943	16.074	17.269	17.785	18.977	19.027
507 Abangares	11.781	12.181	12.281	13.195	13.588	14.500	14.537
508 Tilarán	20.577	21.276	21.451	23.046	23.734	25.326	25.391
509 Nandayure	15.726	16.260	16.394	17.613	18.139	19.355	19.406
510 La Cruz	11.285	11.668	11.764	12.639	13.016	13.889	13.925
511 Hojancha	12.056	12.466	12.568	13.503	13.906	14.839	14.877
601 Puntarenas	41.114	42.511	42.861	46.049	47.423	50.603	50.734
602 Esparza	15.309	15.829	15.959	17.146	17.658	18.842	18.891
603 Buenos Aires	27.798	28.742	28.979	31.134	32.063	34.214	34.302
604 Montes de Oro	9.418	9.738	9.818	10.549	10.863	11.592	11.622
605 Osa	15.387	15.910	16.041	17.234	17.748	18.939	18.988
606 Aguirre	10.403	10.756	10.844	11.651	11.999	12.803	12.837
607 Golfito	12.576	13.003	13.110	14.085	14.506	15.479	15.519

Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
608 Coto Brus	15.923	16.464	16.599	17.834	18.366	19.598	19.649
609 Parrita	3.142	3.249	3.275	3.519	3.624	3.867	3.877
610 Corredores	12.915	13.353	13.463	14.465	14.896	15.895	15.936
611 Garabito	7.623	7.882	7.947	8.538	8.792	9.382	9.406
701 Limón	12.930	13.370	13.480	14.482	14.914	15.915	15.956
702 Pococí	19.876	20.551	20.720	22.261	22.926	24.463	24.527
703 Siquirres	19.317	19.973	20.137	21.635	22.281	23.775	23.837
704 Talamanca	11.789	12.189	12.289	13.203	13.597	14.509	14.547
705 Matina	10.655	11.017	11.107	11.933	12.289	13.114	13.148
706 Guácimo	15.521	16.048	16.180	17.384	17.903	19.103	19.153
Total	1.586.491	1.640.387	1.653.879	1.776.903	1.829.928	1.952.652	1.957.708

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEC

Figura 3. Distribución de ocupados por cantón. Año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

2.2.3. Motorización

La mayor parte de vehículos automotores corresponde a automóviles particulares, llegando a más del 60%, seguida de camiones de carga de menos de 3500 kg. El índice de motorización es de 208 vehículos por cada 1000 habitantes, teniendo una tasa de crecimiento anual acumulado para el periodo 2002-2008 de 4,9%.

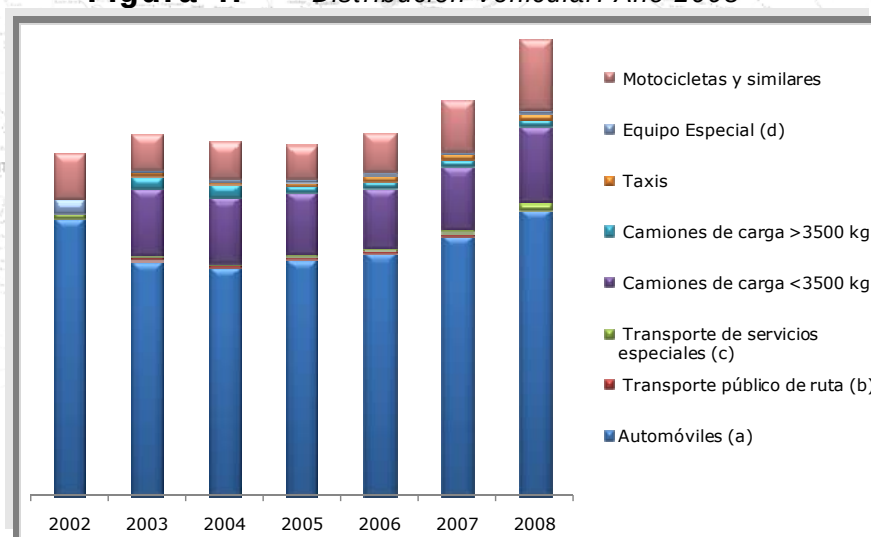
Tabla 6. Vehículos automotores en circulación según tipo. Años 2002-2008

Descripción	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Automóviles ^(a)	559.147	474.179	459.782	476.389	489.396	525.376	577.192
Transporte público de ruta ^(b)	0	7.397	6.648	5.826	6.005	6.580	0
Transporte de servicios especiales ^(c)	12.891	4.216	4.620	5.747	5.262	5.765	13.894
Camiones de carga <3500 kg	0	133.497	129.011	121.755	119.245	125.104	152.768
Camiones de carga >3500 kg	0	24.528	28.314	15.525	13.839	14.484	15.320
Taxis	0	8.615	5.553	8.214	12.532	13.007	11.535
Equipo Especial ^(d)	25.842	5.663	8.361	7.380	7.002	7.503	9.359
Motocicletas y similares	91.883	70.326	68.186	64.385	76.207	100.083	139.166
Total	689.763	728.421	710.475	705.221	729.488	797.902	919.234

(a) Incluye automóviles y vehículos doble tracción de pasajeros particulares. (b) Incluye buses, microbuses y busetas de ruta. (c) Incluye buses, microbuses y busetas de transporte privado (estudiantes, personas de empresa y turistas). En el año 2008 no se facilitó el dato desglosado por servicios especiales y público de ruta. (d) Incluye camiones tanques para transportar productos peligrosos, camiones de basura, maquinaria agrícola, remolques y otros.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

Figura 4. Distribución Vehicular. Año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

Tabla 7. Índice de Motorización. Años 2002-2008

Descripción	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	c.a.a. %
Población	4.075.864	4.133.002	4.189.300	4.244.709	4.299.234	4.355.308	4.412.474	1,3
Total Vehículos	689.763	728.421	710.475	705.221	729.488	797.902	919.234	4,9
Índice de motorización (vehículos/1000habitantes)	169	176	170	166	170	183	208	3,5

Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

Para estimar el total de vehículos al año por cantón y distrito, se ha utilizado la información de vivienda del censo 2000, en donde se indica el porcentaje de viviendas con vehículo por distritos. De esta manera, se puede estimar una distribución porcentual por distritos sobre el total de vehículos al año.

En la siguiente tabla se presenta el total de vehículos automotores en circulación por cantón y en el anexo estadístico adjunto por distritos, y adicionalmente por tipo de vehículo.

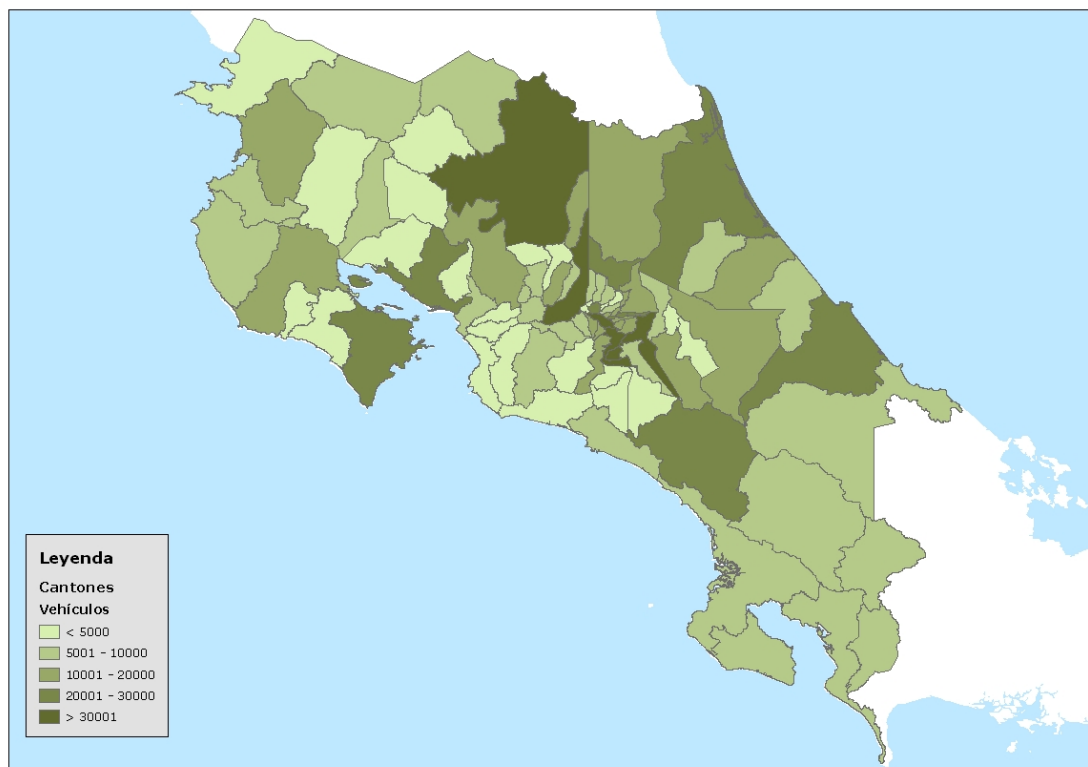
Tabla 8. Total de vehículos automotores en circulación según cantón. Años 2002-2008

Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
101 San José	75.211	79.426	77.469	76.897	79.543	87.002	100.232
102 Escazú	17.480	18.460	18.005	17.872	18.487	20.221	23.296
103 Desamparados	39.627	41.848	40.817	40.515	41.909	45.840	52.811
104 Puriscal	4.492	4.744	4.627	4.593	4.751	5.196	5.987
105 Tarrazú	1.616	1.707	1.665	1.653	1.709	1.870	2.154
106 Aserrí	7.826	8.264	8.061	8.001	8.276	9.053	10.429
107 Mora	4.214	4.450	4.340	4.308	4.456	4.874	5.616
108 Goicoechea	27.584	29.130	28.412	28.202	29.172	31.908	36.760
109 Santa Ana	9.677	10.219	9.967	9.894	10.234	11.194	12.896
110 Alajuelita	8.317	8.783	8.567	8.503	8.796	9.621	11.084
111 Vázquez de Corronado	14.296	15.097	14.725	14.617	15.120	16.538	19.052
112 Acosta	1.575	1.663	1.622	1.610	1.666	1.822	2.099
113 Tibás	19.931	21.048	20.529	20.377	21.078	23.055	26.561
114 Moravia	17.932	18.937	18.471	18.334	18.965	20.744	23.898
115 Montes de Oca	21.529	22.736	22.175	22.011	22.769	24.904	28.691
116 Turrubares	493	521	508	504	522	571	657
117 Dota	997	1.053	1.027	1.020	1.055	1.154	1.329
118 Curridabat	19.861	20.974	20.458	20.306	21.005	22.975	26.469
119 Pérez Zeledón	17.072	18.029	17.585	17.455	18.056	19.749	22.752
120 León Cortés	1.237	1.307	1.274	1.265	1.308	1.431	1.649
201 Alajuela	49.053	51.802	50.525	50.152	51.878	56.743	65.371
202 San Ramón	12.922	13.646	13.310	13.211	13.666	14.948	17.221
203 Grecia	14.529	15.344	14.966	14.855	15.366	16.807	19.363
204 San Mateo	814	860	839	833	861	942	1.085
205 Atenas	5.221	5.514	5.378	5.338	5.522	6.040	6.958
206 Naranjo	6.479	6.842	6.674	6.624	6.852	7.495	8.635
207 Palmares	6.384	6.742	6.576	6.527	6.752	7.385	8.508
208 Poás	4.825	5.095	4.970	4.933	5.103	5.581	6.430
209 Orotina	2.001	2.113	2.061	2.046	2.116	2.315	2.667
210 San Carlos	16.998	17.951	17.509	17.379	17.977	19.663	22.653
211 Alfaro Ruiz	2.231	2.356	2.298	2.281	2.359	2.581	2.973
212 Valverde Vega	3.476	3.671	3.581	3.554	3.676	4.021	4.633
213 Upala	1.383	1.461	1.425	1.414	1.463	1.600	1.843
214 Los Chiles	736	777	758	753	779	852	981
215 Guatuso	600	634	619	614	635	695	800
301 Cartago	26.668	28.162	27.468	27.265	28.203	30.848	35.539
302 Paraíso	7.083	7.480	7.295	7.241	7.491	8.193	9.439
303 La Unión	16.117	17.020	16.601	16.478	17.045	18.644	21.479
304 Jiménez	1.012	1.068	1.042	1.034	1.070	1.170	1.348
305 Turrialba	8.307	8.773	8.557	8.493	8.786	9.610	11.071
306 Alvarado	1.234	1.303	1.271	1.262	1.305	1.427	1.644
307 Oreamuno	6.275	6.627	6.463	6.416	6.636	7.259	8.363
308 El Guarco	5.653	5.969	5.822	5.779	5.978	6.539	7.533
401 Heredia	26.947	28.457	27.756	27.551	28.499	31.171	35.911

Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
402 Barva	8.287	8.751	8.536	8.472	8.764	9.586	11.044
403 Santo Domingo	11.342	11.978	11.683	11.597	11.996	13.121	15.116
404 Santa Bárbara	6.955	7.344	7.164	7.111	7.355	8.045	9.268
405 San Rafael	8.915	9.414	9.182	9.114	9.428	10.312	11.880
406 San Isidro	3.793	4.005	3.907	3.878	4.011	4.387	5.054
407 Belén	5.983	6.318	6.163	6.117	6.328	6.921	7.974
408 Flores	4.943	5.220	5.091	5.054	5.228	5.718	6.588
409 San Pablo	6.056	6.396	6.238	6.192	6.405	7.006	8.071
410 Sarapiquí	3.064	3.236	3.156	3.133	3.241	3.545	4.084
501 Liberia	6.746	7.124	6.948	6.897	7.134	7.803	8.990
502 Nicoya	4.583	4.840	4.720	4.685	4.847	5.301	6.107
503 Santa Cruz	4.997	5.277	5.147	5.109	5.285	5.780	6.659
504 Bagaces	2.027	2.140	2.087	2.072	2.143	2.344	2.701
505 Carrillo	2.679	2.829	2.760	2.739	2.834	3.099	3.571
506 Cañas	2.693	2.844	2.773	2.753	2.848	3.115	3.588
507 Abangares	1.638	1.730	1.687	1.675	1.732	1.895	2.183
508 Tilarán	3.169	3.347	3.265	3.240	3.352	3.666	4.224
509 Nandayure	742	783	764	759	785	858	989
510 La Cruz	950	1.003	978	971	1.004	1.098	1.265
511 Hojancha	704	743	725	720	745	814	938
601 Puntarenas	9.336	9.859	9.616	9.545	9.873	10.799	12.441
602 Esparza	3.454	3.647	3.557	3.531	3.653	3.995	4.603
603 Buenos Aires	2.250	2.376	2.318	2.300	2.380	2.603	2.999
604 Montes de Oro	1.669	1.763	1.719	1.707	1.765	1.931	2.225
605 Osa	1.921	2.029	1.979	1.964	2.032	2.222	2.560
606 Aguirre	2.388	2.522	2.460	2.442	2.526	2.762	3.183
607 Golfito	2.555	2.698	2.631	2.612	2.702	2.955	3.405
608 Coto Brus	3.310	3.495	3.409	3.384	3.501	3.829	4.411
609 Parrita	1.222	1.290	1.258	1.249	1.292	1.413	1.628
610 Corredores	3.810	4.024	3.925	3.896	4.030	4.408	5.078
611 Garabito	1.609	1.699	1.657	1.645	1.701	1.861	2.144
701 Limón	8.666	9.152	8.926	8.860	9.165	10.025	11.549
702 Pococí	10.431	11.016	10.744	10.665	11.032	12.066	13.901
703 Siquirres	3.469	3.663	3.573	3.547	3.669	4.013	4.623
704 Talamanca	1.159	1.224	1.194	1.185	1.226	1.341	1.545
705 Matina	1.666	1.759	1.716	1.703	1.762	1.927	2.220
706 Guácimo	2.667	2.817	2.747	2.727	2.821	3.085	3.555
Total	689.763	728.421	710.475	705.221	729.488	797.902	919.234

Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

Figura 5. Distribución de vehículos en circulación por cantón. Año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

2.2.4. Vivienda

El número de viviendas ha venido teniendo un crecimiento mayor que el de población en los últimos años, con lo cual el promedio de habitantes es cada vez menor llegando a 3,7 personas por vivienda en el año 2008.

Tabla 9. Total de viviendas ocupadas y promedio de habitantes. Años 2002-2008

Descripción	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	c.a.a. %
Número Viviendas	999.587	1.040.612	1.082.662	1.114.210	1.155.926	1.182.108	1.223.129	3,4
Ocupantes	3.997.883	4.088.773	4.178.755	4.266.185	4.353.843	4.443.100	4.533.162	2,1
Personas por vivienda	4,2	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,7	-2,1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

La serie de viviendas se conoce para el total del país, sin embargo se puede estimar tanto por cantones como por distritos, teniendo en cuenta los indicadores de vivienda del censo del año 2000 que dispone de datos según estas desagregaciones. A continuación se presentan los datos de viviendas según cantones, y en el anexo estadístico adjunto se encuentran según distritos y, adicionalmente los indicadores del censo.

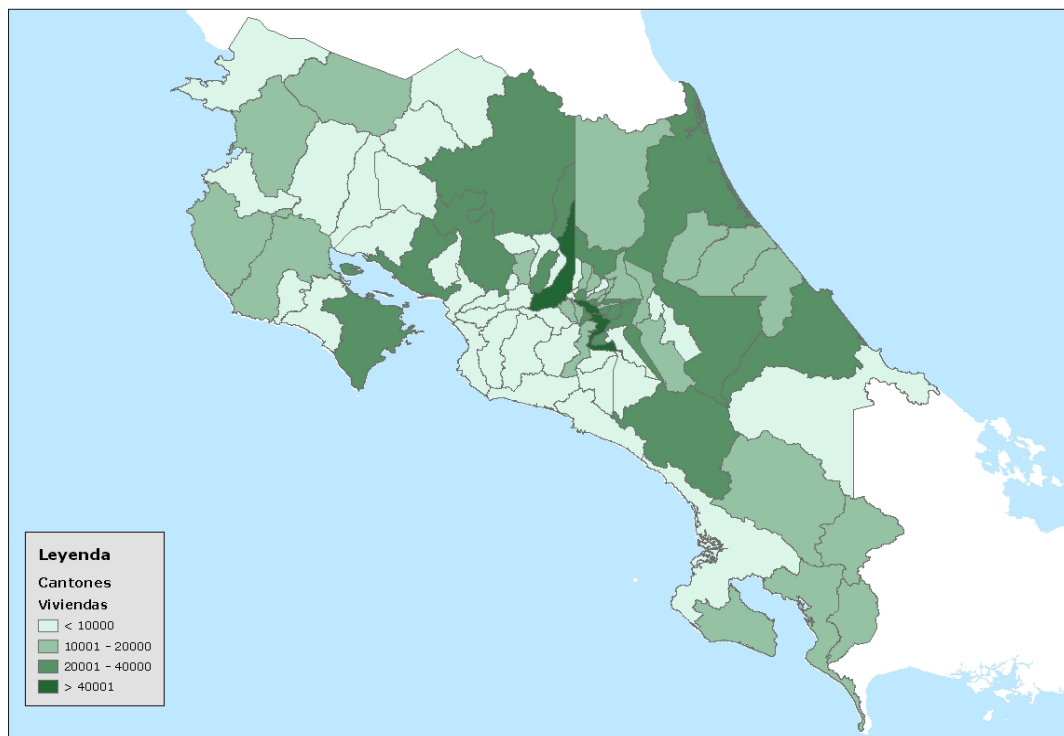
Tabla 10. Total de viviendas según cantón. Años 2002-2008

Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
101 San José	84.356	87.818	91.367	94.029	97.550	99.759	103.221
102 Escazú	14.082	14.660	15.252	15.697	16.284	16.653	17.231
103 Desamparados	50.705	52.786	54.919	56.519	58.635	59.963	62.044
104 Puriscal	7.908	8.232	8.565	8.814	9.144	9.352	9.676
105 Tarrazú	3.607	3.755	3.907	4.021	4.171	4.266	4.414
106 Aserrí	12.796	13.321	13.860	14.263	14.797	15.133	15.658
107 Mora	5.842	6.082	6.327	6.512	6.755	6.908	7.148
108 Goicoechea	32.004	33.317	34.663	35.673	37.009	37.847	39.161
109 Santa Ana	9.182	9.558	9.945	10.234	10.618	10.858	11.235
110 Alajuelita	17.424	18.139	18.872	19.422	20.149	20.605	21.320
111 Vázquez de Corronado	14.804	15.412	16.035	16.502	17.120	17.507	18.115
112 Acosta	4.806	5.003	5.206	5.357	5.558	5.684	5.881
113 Tibás	19.739	20.549	21.379	22.002	22.826	23.343	24.153
114 Moravia	14.314	14.901	15.503	15.955	16.552	16.927	17.515
115 Montes de Oca	15.621	16.262	16.919	17.412	18.064	18.473	19.114
116 Turrubares	1.340	1.395	1.452	1.494	1.550	1.585	1.640
117 Dota	1.693	1.762	1.834	1.887	1.958	2.002	2.071
118 Curridabat	16.553	17.232	17.928	18.451	19.142	19.575	20.255
119 Pérez Zeledón	30.862	32.129	33.427	34.401	35.689	36.498	37.764
120 León Cortés	2.970	3.092	3.217	3.311	3.435	3.512	3.634
201 Alajuela	59.257	61.689	64.181	66.052	68.525	70.077	72.508
202 San Ramón	18.112	18.855	19.617	20.189	20.945	21.419	22.163
203 Grecia	17.152	17.856	18.578	19.119	19.835	20.284	20.988
204 San Mateo	1.517	1.579	1.643	1.690	1.754	1.793	1.856
205 Atenas	6.103	6.353	6.610	6.802	7.057	7.217	7.467
206 Naranjo	9.606	10.000	10.404	10.707	11.108	11.360	11.754
207 Palmares	7.735	8.052	8.377	8.621	8.944	9.147	9.464
208 Poás	6.356	6.617	6.884	7.085	7.350	7.516	7.777
209 Orotina	4.401	4.582	4.767	4.906	5.089	5.205	5.385
210 San Carlos	31.515	32.809	34.134	35.129	36.444	37.270	38.563
211 Alfaro Ruiz	2.766	2.879	2.996	3.083	3.199	3.271	3.384
212 Valverde Vega	4.196	4.368	4.545	4.677	4.852	4.962	5.134
213 Upala	8.674	9.030	9.395	9.669	10.031	10.258	10.614
214 Los Chiles	4.357	4.536	4.719	4.857	5.039	5.153	5.332
215 Guatuso	3.299	3.435	3.573	3.678	3.815	3.902	4.037
301 Cartago	32.478	33.811	35.177	36.202	37.558	38.409	39.741
302 Paraíso	12.852	13.379	13.920	14.325	14.862	15.198	15.726
303 La Unión	20.212	21.042	21.892	22.530	23.373	23.903	24.732
304 Jiménez	3.639	3.788	3.942	4.056	4.208	4.304	4.453
305 Turrialba	18.146	18.891	19.654	20.227	20.984	21.460	22.204
306 Alvarado	2.885	3.003	3.124	3.215	3.336	3.411	3.530
307 Oreamuno	9.095	9.468	9.851	10.138	10.518	10.756	11.129
308 El Guarco	8.056	8.387	8.726	8.980	9.316	9.527	9.858
401 Heredia	27.488	28.616	29.773	30.640	31.787	32.507	33.635
402 Barva	8.287	8.627	8.976	9.237	9.583	9.800	10.140
403 Santo Domingo	9.510	9.900	10.300	10.600	10.997	11.246	11.636
404 Santa Bárbara	7.586	7.897	8.216	8.456	8.772	8.971	9.282
405 San Rafael	9.874	10.279	10.695	11.006	11.419	11.677	12.082
406 San Isidro	4.207	4.379	4.556	4.689	4.865	4.975	5.147
407 Belén	5.052	5.259	5.472	5.631	5.842	5.974	6.182
408 Flores	4.043	4.209	4.379	4.507	4.675	4.781	4.947
409 San Pablo	5.466	5.690	5.920	6.092	6.320	6.464	6.688
410 Sarapiquí	11.369	11.836	12.314	12.673	13.148	13.445	13.912

Cantón	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
501 Liberia	11.607	12.083	12.571	12.938	13.422	13.726	14.202
502 Nicoya	11.458	11.928	12.410	12.772	13.250	13.550	14.020
503 Santa Cruz	11.163	11.621	12.091	12.443	12.909	13.201	13.660
504 Bagaces	4.280	4.456	4.636	4.771	4.950	5.062	5.238
505 Carrillo	6.948	7.233	7.525	7.745	8.035	8.217	8.502
506 Cañas	6.308	6.567	6.832	7.031	7.294	7.460	7.718
507 Abangares	4.411	4.592	4.777	4.916	5.101	5.216	5.397
508 Tilarán	4.896	5.097	5.303	5.457	5.662	5.790	5.991
509 Nandayure	2.656	2.765	2.877	2.960	3.071	3.141	3.250
510 La Cruz	3.579	3.726	3.877	3.990	4.139	4.233	4.380
511 Hojancha	1.611	1.677	1.744	1.795	1.863	1.905	1.971
601 Puntarenas	27.699	28.836	30.001	30.875	32.031	32.756	33.893
602 Esparza	6.696	6.971	7.252	7.463	7.743	7.918	8.193
603 Buenos Aires	9.288	9.670	10.060	10.354	10.741	10.985	11.366
604 Montes de Oro	3.184	3.314	3.448	3.549	3.682	3.765	3.896
605 Osa	6.828	7.108	7.396	7.611	7.896	8.075	8.355
606 Aguirre	5.586	5.816	6.051	6.227	6.460	6.606	6.836
607 Golfito	9.280	9.661	10.051	10.344	10.731	10.974	11.355
608 Coto Brus	10.201	10.620	11.049	11.371	11.797	12.064	12.483
609 Parrita	3.435	3.576	3.720	3.829	3.972	4.062	4.203
610 Corredores	10.008	10.418	10.839	11.155	11.573	11.835	12.246
611 Garabito	2.894	3.013	3.135	3.226	3.347	3.423	3.541
701 Limón	24.946	25.969	27.019	27.806	28.847	29.501	30.524
702 Pococí	27.099	28.211	29.351	30.207	31.338	32.047	33.159
703 Siquirres	13.660	14.220	14.795	15.226	15.796	16.154	16.714
704 Talamanca	6.207	6.462	6.723	6.919	7.178	7.341	7.595
705 Matina	8.628	8.982	9.345	9.617	9.977	10.203	10.558
706 Guácimo	9.137	9.512	9.896	10.184	10.566	10.805	11.180
Total	999.587	1.040.612	1.082.662	1.114.210	1.155.926	1.182.108	1.223.129

Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

Figura 6. Distribución de viviendas por cantón. Año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

2.2.5. Empresas

Aunque la cifra presentada por el INEC para el año 2008, específicamente por el Directorio de Unidades Institucionales y Establecimiento, no refleja la totalidad de las empresas del sector privado, su desagregación según cantón y distrito es adecuada para estimaciones posteriores de flujos de tráfico generados, teniendo en cuenta la distribución del número de empresas en la zona de estudio.

Tabla 11. Total del número de empresas según sectores de actividad económica. Año 2008

Sector de Actividad	2008
Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	3.321
Explotación de minas y canteras	31
Industrias Manufactureras	3.098
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	51
Suministro de agua ^(a)	190
Construcción	1.694
Comercio al por mayor y al por menor ^(b)	16.788
Transporte y almacenamiento	859
Alojamiento y servicios de comida.	5.184
Información y comunicación.	707

Sector de Actividad	2008
Actividades financieras y de seguros.	348
Actividades inmobiliarias	557
Actividades profesionales, científicas y técnicas	2.000
Actividades administrativas y servicios de apoyo	1.421
Administración pública y defensa (c)	9
Enseñanza	666
Servicios sociales y relacionados con la Salud humana.	1.558
Artes, entretenimiento y recreación	618
Otras actividades de servicio	3.145
Actividades de los hogares en calidad de empleadores (d)	7
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	7
No definido	3.629
Total (e)	45.888

(a) Incluye alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento

(b) Incluye reparación de los vehículos de motor y de las motocicletas

(c) Incluye planes de seguridad social de afiliación obligatoria.

(d) Incluye actividades indiferenciadas de producción de bienes y servicios de los hogares para uso propio

(e) El Directorio de Unidades Institucionales y Establecimientos (DUIE)-2008 no contiene la totalidad de las empresas del sector privado ya que es el resultado de la suma de los establecimientos detectados en un censo de 39 distritos del país y los contenidos en un registro administrativo para el resto de los distritos.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

Además, para conocer la evolución del número de empresas se han empleado los datos oficiales de la Caja Costarricense de Seguro Social, que proporciona la evolución del número de patronos desagregada por cantón. Para el presente estudio, se han empleado los cinco años más recientes de los que se dispone de datos, el período 2005-2009.

A continuación se presenta la evolución del número de patronos por cantón en el período 2005-2009.

Tabla 12. Evolución del número de patronos según cantón. Período 2005-2009

Cantón	2005	2006	2007	2008	2009	Evolución 2005-2009
101 San José	12581	12600	12772	13343	14202	3.08%
102 Escazú	1841	2035	2169	2287	2449	7.39%
103 Desamparados	1300	1242	1333	1407	1573	4.88%
104 Puriscal	255	257	278	313	343	7.69%
105 Tarrazú	226	241	271	269	286	6.06%
106 Aserrí	204	202	195	214	248	5.00%
107 Mora	233	263	298	328	398	14.32%
108 Goicoechea	1500	1459	1501	1661	1717	3.44%
109 Santa Ana	819	883	1017	1132	1153	8.93%
110 Alajuelita	169	173	184	190	209	5.45%
111 Vázquez de Coronado	386	400	405	521	514	7.42%
112 Acosta	111	106	104	113	120	1.97%
113 Tibás	1025	1056	1091	1120	1125	2.35%
114 Moravia	811	814	844	934	953	4.12%
115 Montes de Oca	1994	2057	2142	2158	2245	3.01%
116 Turribares	24	31	36	31	28	3.93%

Cantón	2005	2006	2007	2008	2009	Evolución 2005-2009
117 Dota	63	74	84	84	80	6.15%
118 Curridabat	1354	1421	1377	1480	1539	3.25%
119 Pérez Zeledón	987	1051	1158	1316	1365	8.44%
120 León Cortés	49	52	60	63	69	8.93%
201 Alajuela	2902	3000	3258	3428	3600	5.54%
202 San Ramón	892	937	1004	1073	1179	7.22%
203 Grecia	886	904	935	1067	1049	4.31%
204 San Mateo	37	35	47	64	53	9.40%
205 Atenas	300	317	342	381	405	7.79%
206 Naranjo	405	416	461	506	492	4.99%
207 Palmares	482	515	533	602	583	4.87%
208 Poás	283	279	277	302	294	0.96%
209 Orotina	258	265	275	330	296	3.49%
210 San Carlos	1665	1771	1973	2098	2299	8.40%
211 Alfaro Ruiz	217	229	254	248	266	5.22%
212 Valverde Vega	183	183	203	198	182	-0.14%
213 Upala	162	159	165	187	192	4.34%
214 Los Chiles	96	83	88	107	96	0.00%
215 Guatuso	69	76	77	85	84	5.04%
301 Cartago	1860	1871	1961	2075	2264	5.04%
302 Paraíso	352	362	372	374	421	4.58%
303 La Unión	565	592	652	704	761	7.73%
304 Jiménez	33	31	36	41	44	7.46%
305 Turrialba	539	519	568	618	661	5.23%
306 Alvarado	77	82	85	94	98	6.21%
307 Oreamuno	217	207	225	247	248	3.39%
308 El Guarco	202	232	245	261	321	12.28%
401 Heredia	1897	1989	2095	2368	2536	7.53%
402 Barva	275	291	295	314	348	6.06%
403 Santo Domingo	648	622	647	709	800	5.41%
404 Santa Bárbara	220	226	252	272	301	8.15%
405 San Rafael	358	371	393	438	460	6.47%
406 San Isidro	119	133	149	178	189	12.26%
407 Belén	569	596	646	705	770	7.86%
408 Flores	293	304	326	375	403	8.30%
409 San Pablo	172	187	191	223	242	8.91%
410 Sarapiquí	290	326	339	356	386	7.41%
501 Liberia	702	770	839	926	924	7.11%
502 Nicoya	492	555	648	678	679	8.39%
503 Santa Cruz	791	913	1077	1095	1126	9.23%
504 Bagaces	153	143	167	194	212	8.50%
505 Carrillo	302	331	423	468	440	9.87%
506 Cañas	297	302	316	337	349	4.12%
507 Abangares	142	146	169	195	192	7.83%
508 Tilarán	252	265	309	336	320	6.15%
509 Nandayure	112	137	149	165	148	7.22%
510 La Cruz	111	108	127	125	121	2.18%
511 Hojancha	48	61	72	75	63	7.03%
601 Puntarenas	1326	1346	1429	1494	1491	2.98%
602 Esparza	250	261	292	345	312	5.69%

Cantón	2005	2006	2007	2008	2009	Evolución 2005-2009
603 Buenos Aires	136	170	178	217	229	13.91%
604 Montes de Oro	116	111	136	141	140	4.81%
605 Osa	273	299	349	402	384	8.90%
606 Aguirre	500	535	553	611	651	6.82%
607 Golfito	379	394	432	468	469	5.47%
608 Coto Brus	259	286	326	335	336	6.72%
609 Parrita	211	240	273	281	272	6.55%
610 Corredores	288	279	285	337	338	4.08%
611 Garabito	397	465	560	613	591	10.46%
701 Limón	865	850	843	892	978	3.12%
702 Pococí	735	721	829	931	977	7.37%
703 Siquirres	280	309	346	373	372	7.36%
704 Talamanca	216	241	268	267	311	9.54%
705 Matina	150	158	175	184	213	9.16%
706 Guácimo	181	188	202	236	214	4.28%

Fuente: Caja Costarricense de Seguro Social - CCSS

Figura 7. Distribución de empresas por cantón. Año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

2.2.6. Producto Interno Bruto. PIB

El producto interno bruto del país ha tenido un crecimiento anual acumulado en el periodo analizado del 4,3%.

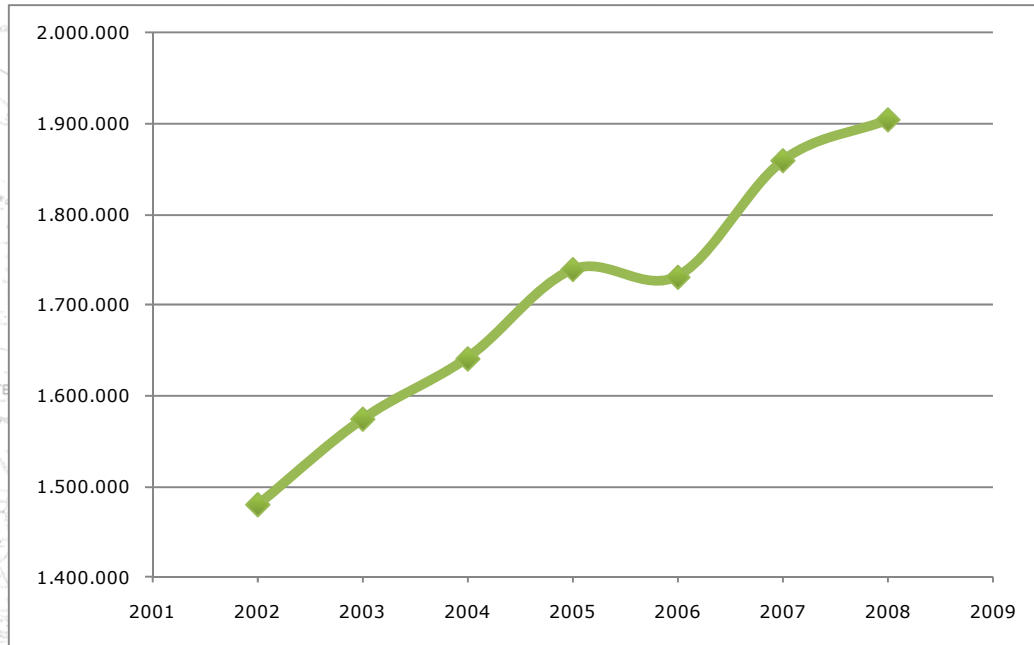
Tabla 13. *Producto Interno Bruto a precios constantes según rama de actividad (millones de colones). Años 2002-2008*

Concepto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Producto Interno Bruto a precios de mercado	1.480.316	1.575.080	1.642.736	1.739.844	1.732.506	1.859.648	1.904.392
Menos: impuestos sobre los productos y las importaciones (netos de Subvenciones)	138.988	143.580	146.028	150.827	159.195	179.520	187.614
Valor agregado bruto a precios básicos	1.341.328	1.431.500	1.496.708	1.589.017	1.732.506	1.859.648	1.904.392
Agricultura, silvicultura y pesca	148.946	159.939	161.100	167.182	189.331	198.928	196.181
Extracción de minas y canteras	1.351	1.408	1.516	16.218	2.050	2.017	1.982
Industria manufacturera	322.660	349.857	363.691	403.100	446.541	477.869	457.398
Construcción	56.987	59.742	63.531	63.251	74.849	90.991	100.409
Electricidad y agua	43.705	46.258	48.127	50.423	54.043	55.331	55.719
Comercio, restaurantes y hoteles	262.062	270.898	281.484	293.059	306.924	327.896	340.194
Transporte, almacenaje y comunicaciones	169.480	192.710	216.143	237.921	261.485	285.200	306.528
Servicios financieros y seguros	61.248	68.201	74.762	79.217	88.562	99.006	108.926
Actividades inmobiliarias	73.163	75.097	77.590	79.920	83.369	87.162	91.066
Otros servicios prestados a empresas	49.732	53.840	58.078	61.832	74.548	82.947	93.397
Servicios de administración pública	35.637	36.002	36.711	37.466	37.704	38.306	39.195
Servicios comunales, sociales y personales	159.863	162.286	164.377	169.596	174.885	182.087	187.749
Menos: servicios de intermediación financiera medidos indirectamente (SIFMI)	40.505	44.738	50.399	55.572	61.784	68.094	74.352

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - INEC

Ahora bien el crecimiento anual del PIB no ha sido constante, el mayor fue para el año 2007 llegando a 7,3% y el menor en 2006 con un crecimiento negativo de 0.4%.

Figura 8. *Producto Interno Bruto a precios constantes. Años 2002-2008*



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INEC

3. Situación Actual

Para la modelización se considera "la oferta de transporte", tanto en infraestructura (carreteras, ferrocarriles, etc.) como en los servicios ofrecidos a los usuarios (servicios de autobús, ferrocarril, etc.).

En cuanto a "la demanda de transporte" se considera el número de usuarios (pasajeros) que utilizan la oferta de transporte para su movilidad. La demanda de transporte se introduce en el modelo a través de las matrices de origen-destino.

Las matrices que se presentan en este capítulo son una agregación de datos por provincias (7x7).

En este capítulo se caracteriza la oferta y la demanda de la situación actual, con el objetivo de revisar y analizar la información recogida en la etapa de levantamiento de la información general, para establecer su utilidad y solvencia durante el resto de las etapas de construcción y calibración del modelo.

3.1. Transporte por Carreteras

3.1.1. Oferta Modo Carretera

El transporte por carretera es el principal medio de movilización de personas y mercancías del país. La red vial nacional de aproximadamente 7.600 kilómetros, está formada por las carreteras primarias, secundarias y terciarias.

Tabla 14. Longitud de la red vial por tipo de superficie de rodamiento (kilómetros)

Tipo de red y superficie de rodamiento	Longitud
Red Total	36.654
Pavimentada	9.359
Lastre o grava y tierra	27.295
Red Vial Nacional ^{1/}	7.640
Pavimentada	4.905
Lastre o grava y tierra ^{2/}	2.735
Red Vial Cantonal ^{3/}	29.014
Pavimentada	4.454
Lastre o grava y tierra	24.560

(1) Incluye Vías en Concreto y Calles de Travesía

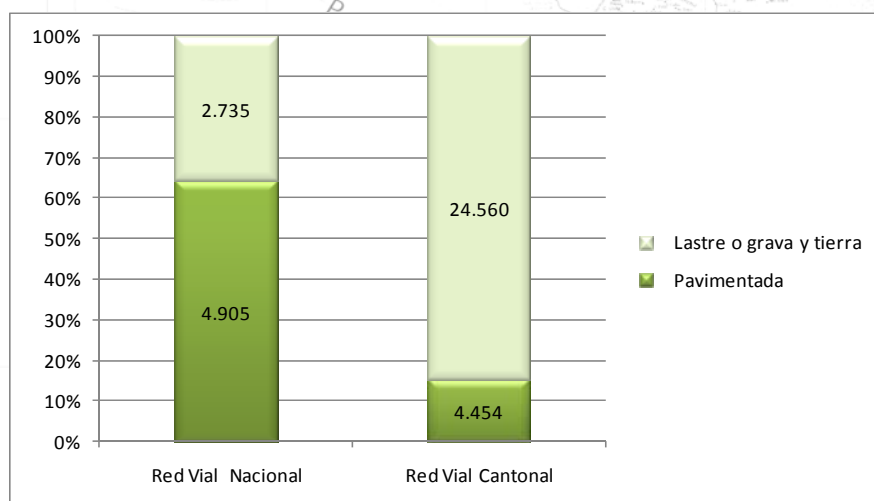
(2) Estimada por el método Vizir con un 98,65% del inventario de la Red Asfaltada (incluyendo travesías)

(3) Estimación basada en el inventario de la Red Vial Cantonal del SPEM (Sistema de programación y Ejecución del mantenimiento)

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes - MOPT

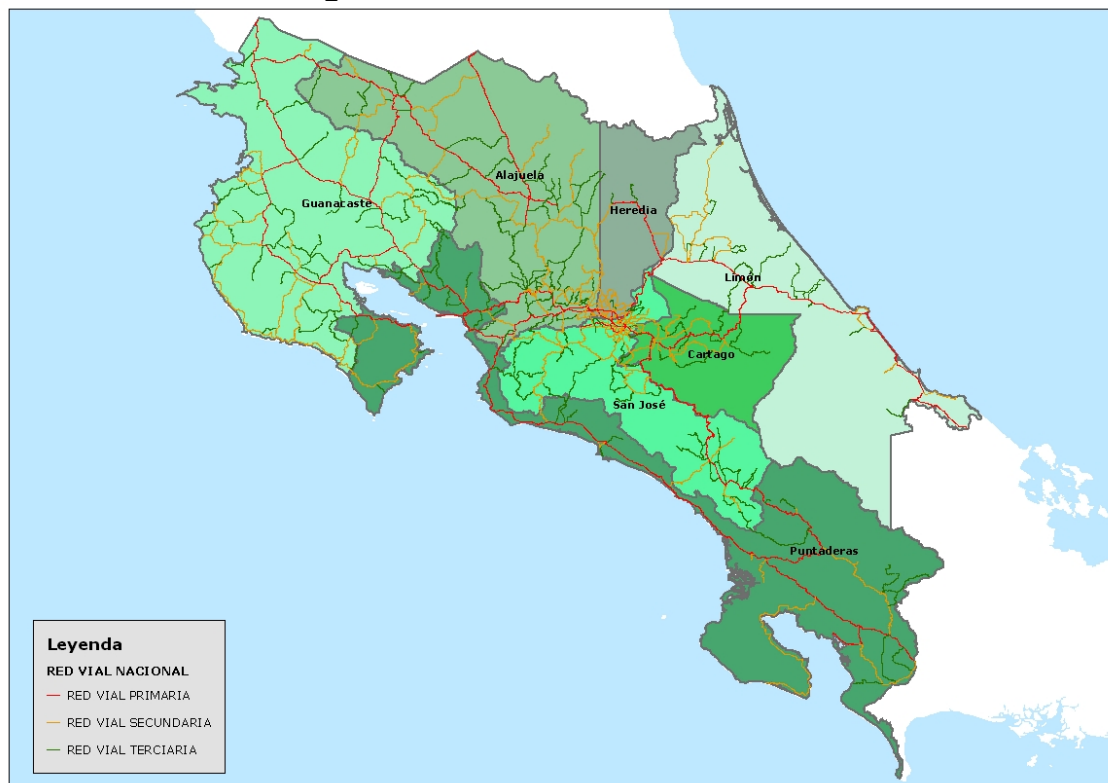
Más del 60% de la red vial nacional es pavimentada, mientras en la red vial cantonal solo representa el 15%.

Figura 9. Distribución de la red vial por tipo de rodamiento



Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT

Figura 10. Red Vial Nacional



Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT

Las principales rutas son las incluidas en la red vial nacional, fundamentalmente las 19 rutas de la red primaria. Sin embargo la totalidad de las rutas de la red vial nacional cubren gran parte del territorio nacional, como se puede ver en la figura.

A nivel provincial existe una oferta importante de red de carreteras, quizá la red menos densa es en la provincia de Limón, sin embargo se puede destacar que esta provincia cuenta con un área silvestre protegida significativa.

Tabla 15. Listado de rutas de la red vial nacional primaria según provincias

RUTA	PROVINCIA
1	San Jose, Alajuela, Heredia, Guanacaste, Puntarenas
2	San Jose, Cartago, Puntarenas
3	San Jose, Alajuela, Heredia
4	Alajuela, Heredia, Guanacaste, Limón
5	San Jose, Heredia
6	Alajuela, Guanacaste
10	Cartago, Limón
14	Puntarenas
17	Puntarenas
18	Guanacaste
21	Guanacaste, Puntarenas
22	San Jose
23	Puntarenas

RUTA	PROVINCIA
27	San Jose, Alajuela, Puntarenas
32	San Jose, Heredia, Limón
34	Alajuela, Puntarenas
35	Alajuela
36	Limón
39	San Jose

Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT

Tabla 16. Listado de rutas de la red vial nacional secundarias según provincias

RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA
100	San Jose	146	Alajuela	218	San Jose, Cartago
101	San Jose	147	San Jose, Alajuela	219	Cartago
102	San Jose	148	Alajuela	220	San Jose, Heredia
103	Heredia	149	Limón	221	San Jose, Cartago
104	San Jose	150	Guanacaste	222	San Jose, Cartago
105	San Jose	151	Guanacaste	223	Puntarenas
106	Heredia	152	Guanacaste	224	Cartago
107	Alajuela	154	Alajuela	225	Cartago
108	San Jose	155	Guanacaste	226	San Jose
109	San Jose	156	Alajuela	227	Alajuela
110	San Jose	157	Guanacaste	228	Cartago
111	Alajuela, Heredia	158	Guanacaste	229	Heredia
112	Heredia	159	Guanacaste	230	Cartago
113	Heredia	160	Guanacaste, Puntarenas	231	Cartago
114	Heredia	161	Guanacaste	232	Cartago
115	Heredia	163	Guanacaste, Puntarenas	233	Cartago
116	Heredia	164	Alajuela, Guanacaste	234	Limón
117	San Jose, Heredia	165	Guanacaste	235	Puntarenas
118	Alajuela	167	San Jose	235	Puntarenas
119	Alajuela, Heredia	168	Puntarenas	236	Cartago
120	Alajuela, Heredia	169	Alajuela	237	Puntarenas
121	San Jose	170	Alajuela, Guanacaste	238	Puntarenas
122	Alajuela, Heredia	171	Heredia	239	San Jose, Puntarenas
123	Alajuela, Heredia	174	San Jose	240	Limón
124	Alajuela	175	San Jose	241	Limón
125	Alajuela	176	San Jose	242	San Jose
126	Alajuela, Heredia	177	San Jose	243	San Jose, Puntarenas
127	Heredia	180	Guanacaste	244	San Jose
128	Heredia	200	San Jose	245	Puntarenas
129	Heredia	201	San Jose	246	Puntarenas
130	Alajuela	202	San Jose, Cartago	247	Limón
131	Alajuela, Puntarenas	203	San Jose	248	Limón
132	Puntarenas	204	San Jose	249	Limón
133	Guanacaste	205	San Jose	250	Alajuela

RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA
135	Alajuela	206	San Jose	251	San Jose, Cartago
136	San Jose, Alajuela	207	San Jose	252	San Jose
137	San Jose, Alajuela	209	San Jose	253	Guanacaste
138	Alajuela	210	San Jose	254	Guanacaste
139	Alajuela	211	San Jose	255	Guanacaste
140	Alajuela	212	San Jose	256	Limón
141	Alajuela	213	San Jose		
142	Alajuela, Guanacaste	214	San Jose		
143	Alajuela, Guanacaste	215	San Jose		
144	Puntarenas	216	San Jose		
145	Guanacaste	217	San Jose		

Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT

Tabla 17. Listado de rutas de la red vial nacional terciaria según provincias

RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA
301	San Jose, Puntarenas	607	Puntarenas	746	Alajuela
303	San Jose	608	Puntarenas	747	Alajuela
304	San Jose, Cartago	609	Puntarenas	748	Alajuela
306	San Jose	610	Puntarenas	749	Alajuela
307	San Jose	611	Puntarenas	750	Alajuela
308	San Jose, Heredia	612	Puntarenas	751	Alajuela
309	San Jose	613	Puntarenas	752	Alajuela
310	San Jose	614	Puntarenas	753	Alajuela
311	San Jose	615	Puntarenas	755	Puntarenas
312	San Jose	616	Puntarenas	756	Alajuela, Puntarenas
313	San Jose	617	Puntarenas	757	Alajuela
314	San Jose	618	Puntarenas	801	Limón
315	San Jose	619	Guanacaste, Puntarenas	802	Limón
316	San Jose	620	Puntarenas	803	Limón
317	San Jose	621	Puntarenas	804	Limón
318	San Jose, Puntarenas	622	Puntarenas	805	Limón
319	San Jose	623	Guanacaste, Puntarenas	806	Limón
320	San Jose, Puntarenas	624	Puntarenas	807	Limón
321	San Jose	625	Puntarenas	809	Limón
322	San Jose	702	Alajuela	810	Limón
323	San Jose	703	Alajuela	811	Limón
324	San Jose	704	Alajuela	812	Limón
325	San Jose	705	Alajuela	813	Limón
326	San Jose	706	Alajuela	814	Limón
327	San Jose	707	San Jose, Alajuela	816	Limón
328	San Jose	708	Alajuela	901	Guanacaste
329	San Jose	709	Alajuela	902	Guanacaste
330	San Jose	710	Alajuela	903	Guanacaste
331	San Jose	711	Alajuela	904	Guanacaste
332	San Jose	712	Alajuela	905	Guanacaste
333	San Jose	713	Alajuela	906	Guanacaste
334	San Jose	714	Alajuela	907	Guanacaste
335	San Jose	715	Alajuela	909	Guanacaste
336	San Jose	716	Alajuela	910	Guanacaste

RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA	RUTA	PROVINCIA
401	Cartago	716	Alajuela	911	Guanacaste
402	Cartago	717	Alajuela	912	Guanacaste
403	Cartago	718	Alajuela	913	Guanacaste
404	Cartago	719	Alajuela	914	Guanacaste
405	Cartago	720	Alajuela	915	Guanacaste
406	San Jose	721	Alajuela	917	Alajuela, Guanacaste
407	Cartago	722	Alajuela	918	Guanacaste
408	Cartago	723	Alajuela	920	Guanacaste
409	San Jose	725	Alajuela	921	Guanacaste
411	Cartago	726	Alajuela	922	Guanacaste
413	Cartago	727	Alajuela	923	Guanacaste
414	Cartago	728	Alajuela	925	Guanacaste
415	Cartago, Limón	729	Alajuela	926	Guanacaste
416	Cartago	730	Alajuela	927	Guanacaste
417	Cartago	731	Alajuela	928	Guanacaste
502	Heredia	732	Alajuela	929	Guanacaste
503	Heredia	733	Alajuela	930	Guanacaste
504	Heredia	734	Alajuela, Guanacaste	931	Guanacaste
505	Heredia	735	Alajuela	933	Guanacaste
506	Heredia	737	Alajuela	934	Guanacaste
601	Guanacaste, Puntarenas	738	Alajuela	935	Guanacaste
602	Guanacaste, Puntarenas	739	Alajuela	936	Alajuela, Guanacaste
603	Puntarenas	741	Alajuela		
604	Puntarenas	742	Alajuela, Puntarenas		
605	Puntarenas	744	Alajuela		
606	Guanacaste, Puntarenas	745	Alajuela, Heredia		

Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT

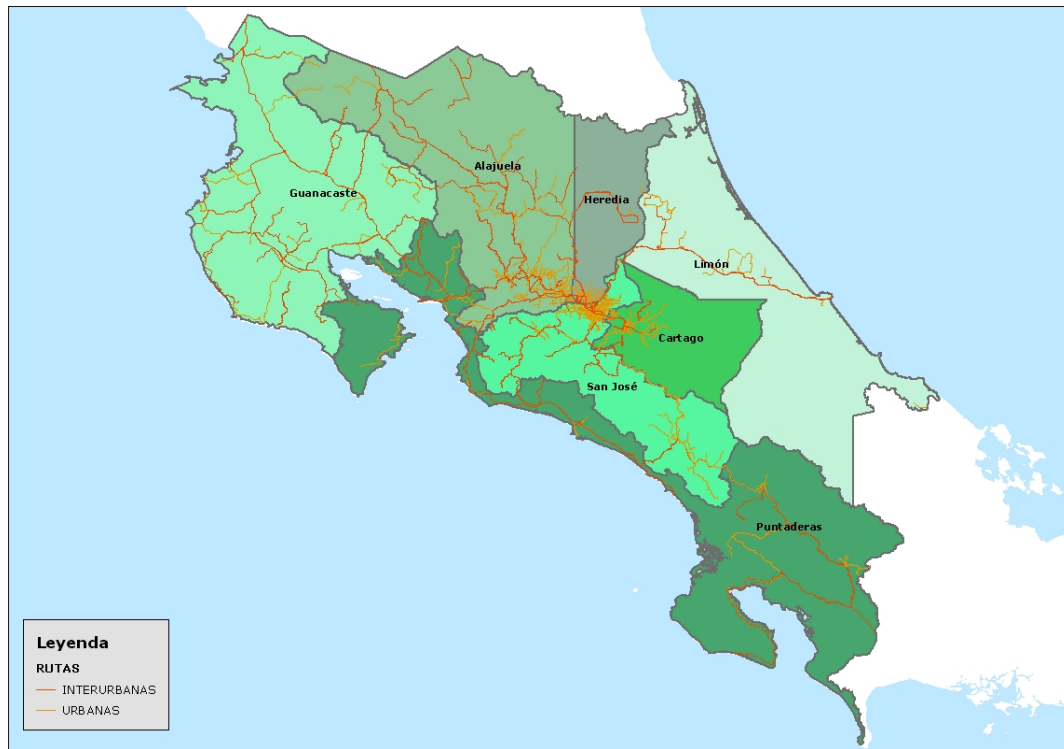
En total la red nacional cuenta con 325 rutas, de las cuales 19 son de la red principal, 130 de la secundaria y 176 de la terciaria.

En cuanto a las líneas de autobús, existen más de 600 rutas, la mayoría de las cuales tiene un carácter urbano, si se atiende a su recorrido. Las empresas que operan los servicios son numerosas, alrededor de 400, con lo cual la mayoría de empresas tienen una o dos líneas en operación.

El promedio de la flota a nivel nacional es de 12 autobuses, sin embargo en la región central y específicamente en el área metropolitana de San José, en donde el número de rutas es importante, algunas empresas cuentan con una flota de alrededor 100 autobuses.

En la siguiente figura se muestra la red de líneas de autobús discriminadas por urbanas e interurbanas. Adicionalmente, se presenta en el anexo estadístico adjunto, una tabla con el listado de las rutas según código, descripción, tipo y provincia.

Figura 11. Red de autobús según tipo de línea



Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT

3.1.2. Demanda Modo Carretera

En el modo carretera para el flujo de pasajeros se cuenta con demanda tanto de vehículo privado como de transporte público, teniendo este último una participación importante.

Para describir la demanda actual se utilizan los resultados de los trabajos de campo realizados para este proyecto, conjuntamente con los resultados del "Estudio de Oferta y Demanda de la GAM - PRUGAM" realizado en el año 2007.

Con el desarrollo de los trabajos de campo se estima que la demanda en vehículo privado para un día medio del año 2010 equivale a 182.321 viajeros, sin incluir los viajes internos a la GAM. Dichos viajes internos a la GAM se han estimado utilizando los resultados del estudio realizado en el año 2007, en donde se obtuvieron 92.490 viajeros en vehículo privado para una hora media del año 2010, los cuales se corresponderían a 1.233.200

viajeros para un día medio¹. Es decir la demanda total en vehículo privado de la red vial del país se estimaría 1.415.521 viajeros diarios.

Siguiendo el mismo procedimiento para la demanda en autobús, que en los trabajos de campo se estima en 186.471 viajeros diarios, que sumados con los resultados del estudio del año 2007, 2.040.867 viajeros diarios (153.065 viajeros hora media), equivaldría a una demanda total de 2.227.337 viajeros diarios en autobús.

Dados estos resultados es importante destacar la participación del autobús en la demanda de pasajeros de la red de carretera que es más del 60%.

Tabla 18. Transporte de pasajeros por carreteras según modo (viajeros/día). Año 2010

Modo	Viajeros / día
Vehículo Privado	1.415.521
Autobús	2.227.337

Fuente: Elaboración propia a partir de información de resultados del trabajo de campo y del PRUGAM

Los anteriores datos se pueden presentar en forma de matrices de viajes origen/destino agregadas por provincias, como se muestra en las siguientes tablas. Cabe resaltar que igualmente estas matrices se podrán desagregar a nivel de zonas de transporte, ya que son necesarias de dicha forma para el desarrollo del modelo.

Tabla 19. Matriz en Vehículo Privado según provincias. Viajes/día. Año 2010

ORIGEN / DESTINO	1	2	3	4	5	6	7	Total general
1	722.161	6.851	13.692	16.391	7.031	6.289	5.545	777.960
2	19.309	213.664	342	18.316	3.614	7.792	712	263.749
3	28.720	641	110.164	2.107	958	721	252	143.562
4	42.960	9.368	835	98.496	1.940	763	2.135	156.497
5	4.181	2.640	741	811	25.740	2.185	28	36.326
6	4.147	2.666	492	555	2.279	7.445	110	17.694
7	5.066	716	421	916	428	161	12.025	19.733
Total general	826.544	236.546	126.686	137.592	41.990	25.356	20.807	1.415.521

Nota: Para la elaboración de esta matriz se han considerado también los viajes intrazonales. Fuente: Elaboración propia

¹ La proporción de hora pico contra el promedio anual de tránsito diario [TPD] es de 7 a 7,5% para los corredores que conectan ciudades locales y principales, según el estudio "Estadísticas y predicciones del tráfico de carreteras de la República de Costa Rica" realizado en 2000 por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA.

Tabla 20. Matriz en autobús según provincias. Viajes/día. Año 2010

ORIGEN / DESTINO	1	2	3	4	5	6	7	Total general
1	865.271	27.838	53.083	72.559	2.139	2.969	8.180	1.032.040
2	97.542	348.311	3.843	60.899	72	130	637	511.433
3	154.767	2.967	268.283	12.751	376	88	513	439.745
4	60.694	16.527	5.371	111.158	262	322	1.315	195.649
5	580	324	608	396	5.890	226	83	8.107
6	2.774	2.691	1.165	74	163	13.299	74	20.240
7	425	553	1.011	592	225	31	17.286	20.123
Total general	1.182.054	399.211	333.364	258.429	9.127	17.065	28.088	2.227.337

Nota: Para la elaboración de esta matriz se han considerado también los viajes intrazonales. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la demanda de mercancías en la red viaria del país es muy poca la información con la se cuenta. En el anuario estadístico del MOPT para el año 2007, se presenta el transporte de carga importada y exportada, que equivale a un total de 1.514.639 millones de toneladas para dicho año.

Es decir, que la red viaria soporta el siguiente tráfico de mercancías dirigido a los países limítrofes, faltando la información de los flujos internos.

Tabla 21. Transporte internacional de carga por carreteras según frontera (millones de toneladas). Año 2007

Frontera	Exportaciones	Importaciones
Norte	851.486	383.586
Sur	213.026	66.541
TOTAL	1.064.512	450.126

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transporte - MOPT

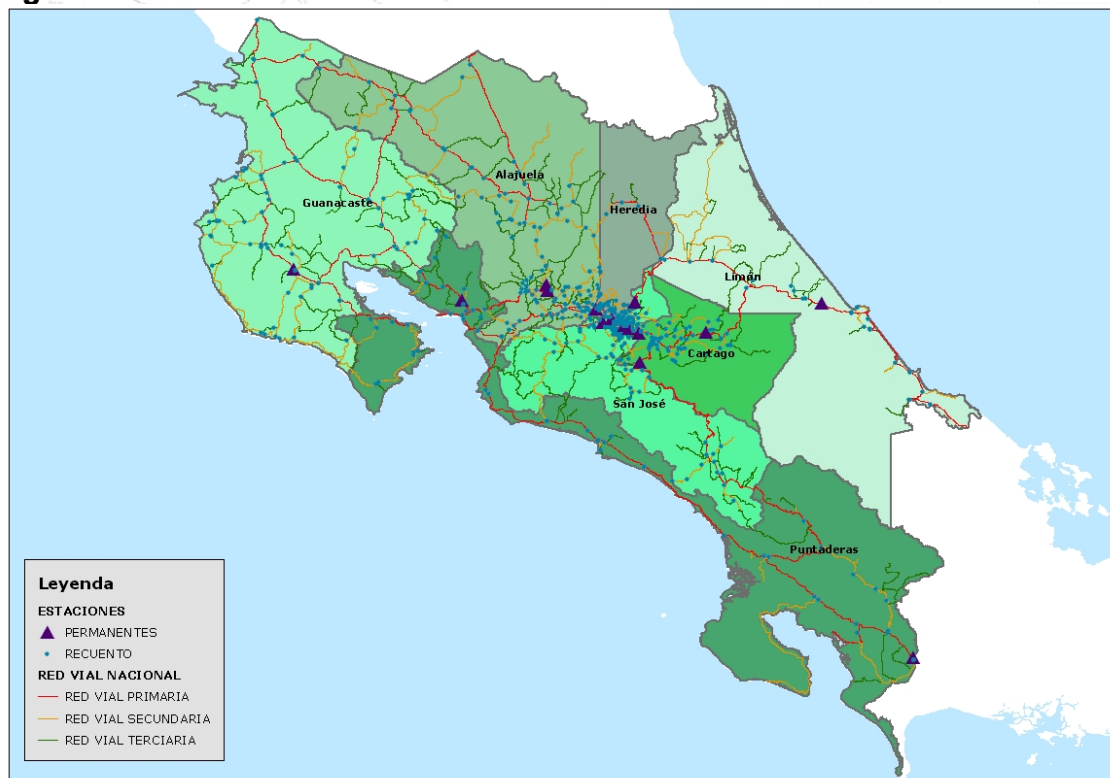
Ahora bien, para determinar cuáles son las rutas de la red vial nacional que tienen que soportar un mayor tráfico, se efectuaron conteos en los trabajos de campo realizados para este estudio, así como también se efectuó una revisión y comprobación de la información de los tráficos de las estaciones de recuento instaladas en la red vial nacional.

Los resultados de los aforos del plan de investigación directa, servirán también más adelante en la calibración del escenario actual, para que los flujos del viario en el modelo se ajusten lo mejor posible a la situación actual.

Las estaciones de recuento se encuentran instaladas a lo largo de la red vial nacional, alrededor de 500 estaciones, sin embargo al comprobar que la información no es muy

completa en la gran mayoría de ellas, inicialmente para la caracterización de la situación actual, solamente se tendrán en cuenta los aforos del plan de investigación directa.

Figura 12. Ubicación de las estaciones de recuento en la red vial nacional.



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transporte - MOPT

En el anexo estadístico se encuentra de manera informativa, un listado general de las estaciones de recuento con su ubicación, descripción y TPD, según la ruta de la red vial nacional.

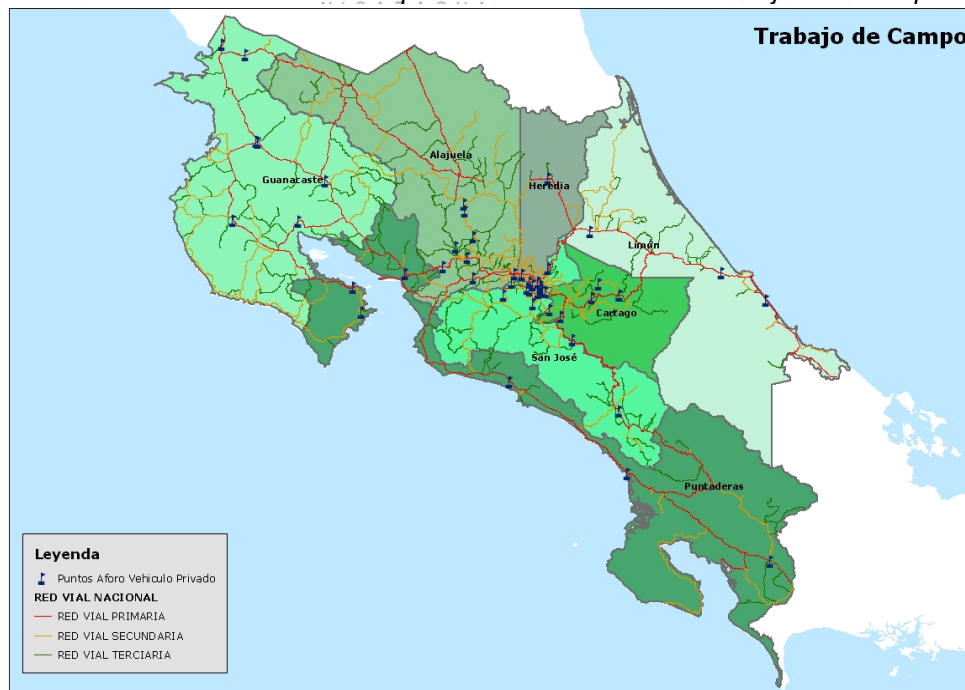
De los 48 aforos realizados en el plan de investigación directa se obtuvieron además del TPD para cada punto, la distribución en los diferentes tipos de vehículos. Los mayores tráficos se presentan en la rutas 1 y 2, ubicadas en la provincia de San José. De estos aforos también se deduce que según el tipo de vehículo, el vehículo privado tiene una participación importante de casi el 70%.

Para la demanda de autobús, se cuenta con datos de demanda de la ARESEP para algunas líneas y adicionalmente en el plan de investigación directa se efectuaron conteos de autobuses en los puntos más importantes de San José.

En el anexo estadístico adjunto se encuentra una tabla con la oferta del listado de rutas de autobús, adicionalmente algunas de ellas tienen el dato de viajeros para el año 2008 que publicó la ARESEP. En los siguientes gráficos se muestra los puntos de aforo de los

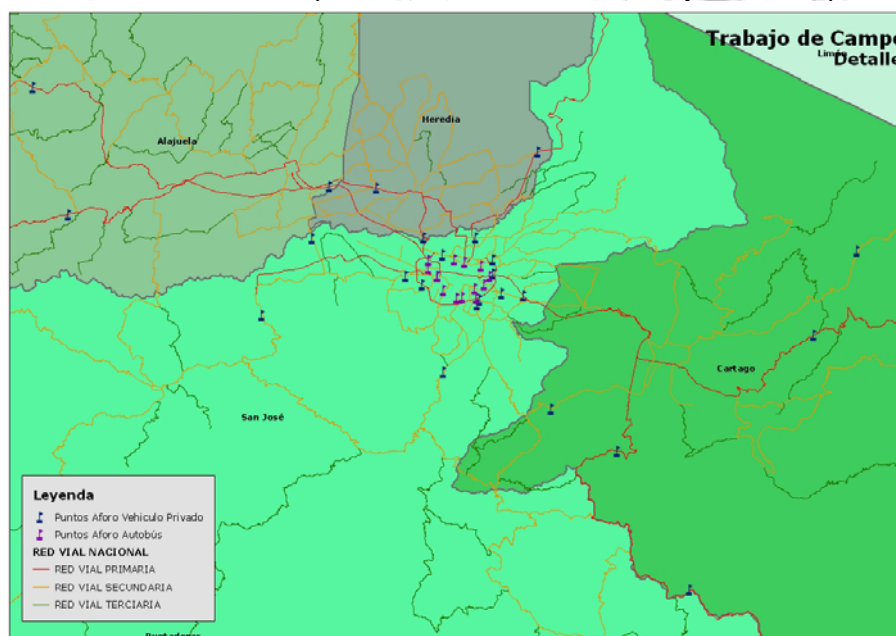
trabajos de campo de campo, con un detalle de zona GAM. Igualmente se presenta una tabla con los resultados de los 14 puntos de aforo de autobús.

Figura 13. Ubicación de los puntos de aforo de los trabajos de campo



Fuente: Elaboración propia a partir de información del MORT y de los trabajos de campo

Figura 14. Ubicación de los puntos de aforo de los trabajos de campo, detalle



Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT y de los trabajos de campo

Tabla 22. Número de autobuses en los puntos de aforo de los trabajos de campo

Número de ruta	Ubicación de la estación	Sentido 1	Sentido 2	Total
1	Autopista General Cañas	1.323	1.119	2.442
2	San Pedro - Tres Ríos	1.285	1.502	2.787
5	Tibás	804	621	1.425
27	Santa Ana	558	625	1.183
104	Pavas	678	515	1.193
108	Uruca	533	590	1.123
110	Hatillo - Alajuelita	572	650	1.222
167	Escazú	239	226	465
204	Zapote	68	69	137
209	Desamparados	1.220	1.239	2.459
213	Paso Ancho	158	155	313
214	San Sebastián	766	714	1.480
215	Curridabat	334	419	753
218	Guadalupe - Moravia	908	1.272	2.180

Fuente: Elaboración propia a partir de información de los resultados de los trabajos de campo

Actualmente hay 5 rutas con peaje, todas ellas rutas primarias, de las que se dispone de un historial de conteo de vehículos desde al año de 1998.

Tabla 23. Rutas de la red vial con estación de peaje

Ruta	Nombre carretera	Estación de peaje	Descripción de la ruta de peaje	Long. la ruta
1	General Cañas	Río Segundo (km 13 - Ruta N° 1)	Sabana Calle 42 Avenida de las Américas - Aeropuerto Juan Santamaría	15,0 km
1	Bernardo Soto	Naranjo (km 45 - Ruta N°1)	Aeropuerto Juan Santamaría - Entrada a San Ramón de Alajuela	40,7 km
2	Florencio del Castillo	Tres Ríos (km 13 - Ruta N° 2)	Intersección La Galera - Intersección de Taras, Cartago	14,1 km
27	Próspero Fernández	Escazú (km 7 de la ruta N°27)	Gimnasio Nacional Sabana - Brasil de Santa Ana	14,7 km
32	Braulio Carrillo	Zurquí (km 13 de la ruta N°32)	Barrio Amón Calle 3 avenida 9 - entrada Guápiles	63,6 km

Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos - ARESEP

Tabla 24. Historial de conteo de vehículos por estación de peaje. Años 1998-2007

Año	Total Anual	Vehículos por puesto de peaje				
		Zurquí	Escazú	Tres Ríos	Naranjo	Río Segundo
1998	19.522.744	1.075.189	4.134.073	4.096.992	2.183.380	8.033.110
1999	19.348.747	1.136.882	4.675.951	4.239.546	1.164.630	8.131.738
2000	19.429.037	1.124.028	5.376.333	4.434.320	-	8.494.356
2001	21.092.840	1.156.306	6.142.286	5.099.017	-	8.695.231
2002	21.236.682	1.159.356	6.407.981	5.360.214	-	8.309.131
2003	24.453.590	1.279.106	6.928.262	5.432.090	2.416.540	8.397.592
2004	25.426.459	1.326.107	7.673.597	5.305.858	3.088.551	8.032.346
2005	25.300.642	1.290.189	8.252.054	5.521.413	3.138.914	7.098.072
2006	27.842.027	1.359.893	8.831.537	5.842.909	3.294.822	8.512.866
2007	28.956.036	1.481.949	8.491.274	6.996.956	3.487.882	8.497.975

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transporte - MOPT

Tabla 25. Tránsito promedio diario (TPD) de puntos de aforos del plan de investigación directa, según ruta y tipo de vehículo.
Año 2010.

Número de ruta	Ubicación de la estación	Livianos	Motos	Taxis	Buses	Buse tas	Semi pesados	Cam 2 ejes	Cam 3 ejes	Cam 5 ejes	Especial	Total
1	La Cruz-Frontera	1.051	65	198	143	54	135	39	8	406	0	2.100
1	Liberia-Cañas	7.792	349	51	476	352	310	1.133	188	1.272	14	11.936
1	San Joaquín-Barranca	5.357	356	71	801	332	693	1.089	345	1.736	1	10.781
1	Est. Pesaje de Cañas	6.269	377	87	240	154	519	552	181	863	1	9.243
1	Peaje Naranjo	14.013	614	122	651	916	1.956	1.878	520	1.819	9	22.498
1	Peaje Aeropuerto	63.433	5.297	1.918	3.087	1.253	1.486	5.420	919	2.717	9	85.538
1	Hacia Puntarenas Río Jesús San Ramon-Cambrero	13.824	403	87	835	285	330	2.254	198	4.267	14	22.498
2	Estación policía Gaff	2.094	18	6	124	147	92	316	31	342	1	3.170
2	Salida de S.Isidro hacia el sur	6.061	791	36	253	202	384	276	119	128	2	8.253
2	Salida Neily hacia frontera	3.260	372	514	111	133	143	117	83	143	1	4.878
2	Punta mala	1.724	144	16	12	81	178	69	49	191	1	2.465
2	Intersec. La galera	70.909	5.624	2.810	3.668	1.148	1.941	2.743	593	693	19	90.148
2	Zona sur en la cangreja s. Isidro del tejat	2.375	69	19	141	133	477	308	63	258	4	3.847
3	Ctra.la Uruca-Heredia (Pte. Río Virilla)	32.530	6.281	1.435	1.920	322	758	2.216	320	247	303	46.332
3	Ctra. Heredia-San Joaquín De Flores	17.594	2.438	1.060	1.167	497	1.308	1.267	186	86	47	25.648
3	Salida de Atenas en sabana larga- Atenas Orotina	6.711	239	161	135	356	964	491	69	9	5	9.141
4	Inocentes hacia la frontera	596	41	5	12	2	5	56	13	56	0	786
4	Sarapiquí	1.742	412	131	132	68	227	147	37	254	2	3.152
10	Turrialba cerca del CATIE	2.256	246	293	131	105	180	60	28	52	1	3.352
10	Cervantes- cerca del puente quebrada honda	2.500	176	7	110	53	235	266	56	113	6	3.521
18	Puente de la Amistad	1.265	32	4	115	197	137	286	82	467	0	2.584
21	Salida de Liberia hacia Sta. Cruz	6.229	293	80	304	324	97	453	77	102	2	7.960
21	Salida de Sta. Cruz dirección Naranjo	3.539	251	67	111	84	139	261	29	48	0	4.529
21	Playa naranjo (ferry)	697	198	48	48	0	8	95	0	8	0	1.101
32	Guápiles	7.348	796	529	450	483	385	1.151	311	1.288	5	12.747
32	Est. Pesaje de Búfalo	5.310	363	37	361	258	579	400	468	3.343	2	11.120
32	San Luis Tunel Zurquí	7.788	199	69	312	157	691	653	408	2.963	17	13.257
34	Ctra. Costanera sur; damas	2.999	526	81	125	333	321	164	77	186	7	4.818
36	Rio banano	1.821	206	59	157	227	66	258	56	112	0	2.962
39	Circunv. Sector Hatillos	47.838	6.413	1.729	211	699	2.271	4.383	660	610	568	65.381
39	Circunv. Sector San Pedro	11.706	1.763	2.235	2.450	259	193	324	11	27	5	18.974
102	Radial a tibás	18.246	4.821	6.394	3.522	747	1.174	719	117	59	47	35.847
108	La uruca (bomba shell)	25.406	6.209	1.998	1.603	241	1.714	1.376	269	1.045	72	39.932
141	Salida Cdad. Quesada hacia R-35	11.418	1.259	736	654	328	499	380	143	82	8	15.508
141	Naranjo a Cdad. Quesada	6.799	357	183	165	158	598	488	251	271	5	9.274
141	Zarcelero hacia naranjo- san juanillo	3.452	100	27	93	72	342	327	83	194	5	4.695

Número de ruta	Ubicación de la estación	Livianos	Motos	Taxis	Buses	Buse tas	Semi pesados	Cam 2 ejes	Cam 3 ejes	Cam 5 ejes	Especial	Total
147	Ctra. San Antonio De Belén-Santa Ana	13.718	1.498	369	202	630	1.007	783	399	197	24	18.829
167	Ctra. Vieja San José (La Sabana)-Escazú (Anonos)	16.813	3.914	1.861	343	905	107	2.671	974	69	0	27.656
209	Radial a Desamparados	23.259	4.573	4.113	3.859	605	1.537	1.032	190	63	14	39.244
209	Inmediaciones del ram luna- Aserri Tabarca	2.440	707	26	141	0	187	35	46	18	3	3.603
211	Radial s.fco. De dos ríos	27.093	4.223	3.808	1.273	641	2.349	2.846	532	501	430	43.695
215	Zapote (multiplaza del este)	34.076	4.115	3.298	1.759	874	1.698	1.005	264	296	299	47.685
218	Radial a Guadalupe	20.951	3.617	4.299	4.175	231	1.024	549	108	325	28	35.308
228	Hacia corralillo cerca de Colpachi	436	99	12	22	6	104	32	6	2	2	721
230	Salida de Capellades cerca de Sta Teresa-Capellad	707	69	1	32	52	239	97	10	7	7	1.222
239	Salida de ciudad Colon hacia Puriscal y Tabarcia	4.810	834	81	261	12	502	142	97	14	9	6.761
621	Paquera (salida ferry)	580	76	31	27	20	39	66	13	5	0	858
702	Los Angeles norte S. Ramon hacia la tigre San Carlos	1.004	68	19	36	183	160	100	16	38	6	1.630

Fuente: Elaboración propia a partir de información de los resultados del plan de investigación directa

3.2. Transporte Aéreo

3.2.1. Oferta Modo Aéreo

Costa Rica dispone de una dotación de 116 aeródromos, con tres tipologías diferentes: internacionales (4), nacionales (112) y helipuertos (7). Los nacionales incluyen 3 aeródromos de ultraligeros.

Figura 15. Mapa de aeródromos



Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT

La totalidad de los aeródromos internacionales son propiedad del estado, mientras que en los aeródromos nacionales solo el 30% son del estado, el resto son privados de los que la mitad son aeródromos particulares de servicio público. Las provincias con el mayor número de aeródromos son Limón, Puntarenas y Guanacaste.

Tabla 26. Listado de aeródromos según tipo, propiedad, provincia, cantón y clase de superficie

Nombre	Propiedad ⁽¹⁾	Provincia	Cantón	Clase de Superficie
INTERNACIONAL				
Juan Santamaría MROC (Alajuela)	Estado	Alajuela	Alajuela	Asfalto
Limón MRLM (Limón)	Estado	Limón	Limón	Asfalto
Daniel Oduber (Liberia)	Estado	Guanacaste	Liberia	Asfalto
Tobías Bolaños MRPV (Pavas)	Estado	San José	San José	Asfalto
NACIONAL DEL ESTADO				
Amubri MRAM (Limón)	Estado	Limón	Talamanca	Zacate

Nombre	Propiedad ⁽¹⁾	Provincia	Cantón	Clase de Superficie
Barra del Colorado MRBC (Pococí)	Estado	Limón	Pococí	Asfalto
Barra de Tortuguero MRBT (Pococí)	Estado	Limón	Pococí	Asfalto
Barra de Parismina MRBP (Pococí)	Estado	Limón	Guácimo	Asfalto
Bataan (Monte Líbano) MRBN (Limón)	Estado	Limón	Matina	Asfalto
Buenos Aires MRBA (Puntarenas)	Estado	Puntarenas	Buenos Aires	Concreto
Carate MRCE (Golfito)	Estado	Puntarenas	Golfito	Grava
Chacarita	Estado	Puntarenas	Puntarenas	Asfalto
Don Diego MRDD (Limón)	Estado	Limón	Talamanca	Grava / Zacate
Drake MRDK (Puntarenas)	Estado	Puntarenas	Osa	Grava
Esterillos (Finca) MRET (Parrita)	Estado	Puntarenas	Parrita	Grava
Golfito MRGF (Golfito)	Estado	Puntarenas	Golfito	Asfalto
Guápiles MRGP (Pococí)	Estado	Limón	Pococí	Concreto
Guatuso MRGT (Alajuela)	Estado	Alajuela	Guatuso	Asfalto
La Managua MRQP (Quepos)	Estado	Puntarenas	Aguirre	Asfalto
Laurel MRLE (Puntarenas)	Estado	Puntarenas	Golfito	Asfalto
Murciélago MRMC (La Cruz)	Estado	Guanacaste	La Cruz	Grava / Zacate
Nicoya MRNC (Nicoya)	Estado	Guanacaste	Nicoya	Lastre
Nosara MRSN (Nicoya)	Estado	Puntarenas	Nicoya	Asfalto
Palmar Sur MRPM (Palmar Sur)	Estado	Osa	Osa	Asfalto
Puerto Jiménez MRPJ (Puntarenas)	Estado	Puntarenas	Golfito	Asfalto
Rancho Humo MRRH (Santa Cruz)	Estado	Guanacaste	santa Cruz	Zacate
San Isidro del General MRSI (Pérez Zeledón)	Estado	San José	P. Zeledón	Asfalto
San Vito Java MRSV (Coto Brus)	Estado	Puntarenas	Coto Brus	Asfalto
Shiroles MRSH (Talamanca)	Estado	Limón	Talamanca	Grava
Sirena MRSN (Golfito)	Estado	Puntarenas	Golfito	Zacate
Sixaola MRSX (Sixaola)	Estado	Limón	Talamanca	Asfalto
Tambor MRTR (Nicoya)	Estado	Guanacaste	Nicoya	Asfalto
Upala MRUP (Upala)	Estado	Alajuela	Upala	Asfalto
NACIONAL PRIVADOS				
Los Chiles MRLC (Los Chiles)	Particular	Alajuela	Los Chiles	Asfalto
Altamira de San Carlos MRAT (San Carlos)	A.P.S.P.	Alajuela	San Carlos	Zacate
Arenal MRAN (San Carlos)	Particular	Alajuela	San Carlos	Lastre/Compactado
El Descanso de Poco Sol MRED (San Carlos)	Particular	Alajuela	San Carlos	Zacate
Hacienda Homuha MRHH (San Carlos)	Particular	Alajuela	San Carlos	Zacate
Las Islas MRIS (San Carlos)	Particular	Alajuela	San Carlos	Asfalto
Quebrada Azul MRQA (Florencia)	Particular	Alajuela	San Carlos	Lastre/Zacate
San Cristóbal MRSB (San Carlos)	Particular	Alajuela	San Carlos	Zacate
Sarapiquí MRSQ (San Carlos)	Particular	Alajuela	San Carlos	Asfalto
La Garroba MRLG (Upala)	Particular	Alajuela	Upala	Zacate
Atirro MRAR (Turrialba)	A.P.S.P.	Cartago	Turrialba	Lastre
Ciruelas MRCI (Bagaces)	A.P.S.P.	Guanacaste	Bagaces	Grava
Las Piedras MRLP (Cañas)	Particular	Guanacaste	Cañas	Lastre
Mojica MRMJ (Cañas)	A.P.S.P.	Guanacaste	Cañas	Lastre
Taboga MRTG (Cañas)	A.P.S.P.	Guanacaste	Cañas	Lastre
Hacienda La Pacífica MRHP (Cañas)	Particular	Guanacaste	Cañas	Lastre
Montelimar MRML (Garabito)	Particular	Guanacaste	Garabito	Zacate
La Roca MRLR (Abangares)	A.P.S.P.	Guanacaste	Las Juntas	Zacate
Monte Alto MRMA (Abangares)	A.P.S.P.	Guanacaste	Las Juntas	Grava
La Flor MRLF (Liberia)	A.P.S.P.	Guanacaste	Liberia	Asfalto
La Cueva MRLV (Liberia)	Particular	Guanacaste	Liberia	Lastre
Las Trancas MRLT (Liberia)	A.P.S.P.	Guanacaste	Liberia	Zacate
Pelón Nuevo MRPN (Liberia)	A.P.S.P.	Guanacaste	Liberia	Lastre/Zacate
Islita MRIA (Nandayure)	Particular	Guanacaste	Nandayure	Grava
Palo Arco MRPA (Nandayure)	Particular	Guanacaste	Nandayure	Concreto
Agropecuaria Playa Caletas MRPT (Nicoya)	Particular	Guanacaste	Nicoya	Zacate
Cabo Velas MRCV (Nicoya)	Particular	Guanacaste	Nicoya	Asfalto
Carrillo MRCR (Nicoya)	A.P.S.P.	Guanacaste	Nicoya	Lastre
La Guinea MRLN (Nicoya)	Particular	Guanacaste	Nicoya	Zacate

Nombre	Propiedad ⁽¹⁾	Provincia	Cantón	Clase de Superficie
Talolinga MRTL (Nicoya)	Particular	Guanacaste	Nicoya	Lastre
La Zampoña MRLA (Guanacaste)	Particular	Guanacaste	Santa Cruz	Lastre
La Zopilota MRLZ (Guanacaste)	Particular	Guanacaste	Santa Cruz	Lastre
Peñas Blancas MRPS (Santa Cruz)	Particular	Guanacaste	Santa Cruz	Lastre
Tamarindo de Santa Cruz MRTM (Santa Cruz)	Particular	Guanacaste	Santa Cruz	Asfalto
Río Frío MRRF (Río Frío)	A.P.S.P.	Heredia	Horquetas	Concreto
Hacienda Río Cuarto MRHO (Sarapiquí)	Particular	Heredia	Sarapiquí	Zacate
Bremen MREM (Guácimo)	A.P.S.P.	Limón	Guácimo	Zacate
DUACARI -2 MRDC (Guápiles)	Particular	Limón	Guácimo	Asfalto
San Pedro MRSP (Limón)	A.P.S.P.	Limón	Guácimo	Concreto
Yucatica MRYT (Guácimo)	Particular	Limón	Guácimo	Lastre/Zacate
Santa María de Guácimo MRSO (Guápiles)	A.P.S.P.	Limón	Guápiles	Asfalto
Aerotortuguero MRAO(Roxana)	Particular	Limón	Pococí	Asfalto
El Ceibo MREO (Ticabán)	Particular	Limón	Pococí	Zacate
Hacienda La Suerte MRHS(Pococí)	Particular	Limón	Pococí	Grava
Roxana Farms MRRX (Limón)	A.P.S.P.	Limón	Pococí	Concreto
Santa Clara de Guápiles MRSG (Limón)	A.P.S.P.	Limón	Pococí	Asfalto
Ticabán MRTB (Pococí)	A.P.S.P.	Limón	Pococí	Asfalto
Babilonia MRBB (Siquirres)	A.P.S.P.	Limón	Siquirres	Lastre
El Carmen de Siquirres MREC (Siquirres)	A.P.S.P.	Limón	Siquirres	Concreto
Las Lomas MRL (Siquirres)	A.P.S.P.	Limón	Siquirres	Zacate
San Alberto MRSA (Limón)	A.P.S.P.	Limón	Siquirres	Asfalto
Aerodamas MRAD (Quepos)	Particular	Puntarenas	Aguirre	Concreto
Coto 47 MRCC (Corredores)	A.P.S.P.	Puntarenas	Corredores	Asfalto
Hacienda Jaco MRHJ (Puntarenas)	A.P.S.P.	Puntarenas	Garabito	Zacate
Punta Banco MRPO (Puntarenas)	Particular	Puntarenas	Golfito	Zacate
Aranjuez MRAJ (Miramar)	A.P.S.P.	Puntarenas	M. de Oro	Lastre
Finca Dieciocho MRDO (Puntarenas)	A.P.S.P.	Puntarenas	Osa	Grava
Finca Delicias MRFD (Palmar Sur)	A.P.S.P.	Puntarenas	Osa	Concreto
Finca 10 o Nuevo Palmar MRFI (Puntarenas)	A.P.S.P.	Puntarenas	Osa	Lastre
Finca 63 (Coto 63) MRFS (Puntarenas)	A.P.S.P.	Puntarenas	Osa	Grava
La Ligia MRLI (Parrita)	A.P.S.P.	Puntarenas	Parrita	Grava
La Yolanda MRLY (Parrita)	Particular	Puntarenas	Parrita	Lastre
Rancho Nuevo MRRN(Parrita)	A.P.S.P.	Puntarenas	Parrita	Zacate
Playa Blanca MRPB (Puntarenas)	A.P.S.P.	Puntarenas	Pto. Jiménez	Lastre/Zacate
Dos Marías MRDM (Chorotega)	Particular	Puntarenas	Puntarenas	Lastre/Zacate
Santa Fe MRSF (Pérez Zeledón)	Particular	San José	Pérez Zeledón	Lastre

(1) A.P.S.P.: Aeródromos particulares de Servicio Público. Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transporte - MOPT

El Aeropuerto Internacional Juan Santamaría que está ubicado aproximadamente a 17 kilómetros al noroeste de la ciudad de San José, es el único Aeropuerto entre los cuatro aeropuertos internacionales con capacidad organizativa para atender vuelos de itinerario.

Sin embargo, es el Aeropuerto Tobías Bolaños que está ubicado en el distrito de Pavas aproximadamente 8 kilómetros al noroeste de San José y a 11 kilómetros al sureste del Aeropuerto Juan Santamaría, la principal base para la aviación general del país, ya que en él se realizan la mayoría de las operaciones de vuelos privados, fletados, turísticos y de escuelas de aviación.

Aproximadamente el ochenta por ciento de las aeronaves registradas de la aviación general de Costa Rica, son las que utilizan este aeropuerto.

3.2.2. Demanda Modo Aéreo

El aeródromo internacional Juan Santamaría, tiene principalmente un flujo de demanda internacional, la demanda nacional en el año 2007 solo representó el 6% del flujo total de pasajeros del aeródromo Juan Santamaría.

La situación del flujo de mercancías a nivel nacional tiene una representación nula en dicho aeródromo.

Tabla 27. Pasajeros y mercancías (miles de toneladas). Aeródromo Juan Santamaría. Años 1999-2007

Año	Nacionales		Internacionales	
	Pasajeros	Mercancías	Pasajeros	Mercancías
1999	166.637	77	2.090.843	80.234
2000	166.254	70	1.994.615	77.067
2001	136.442	22	1.972.374	67.831
2002	140.468	0	2.142.030	83.066
2003	166.315	0	2.418.084	77.959
2004	130.301	0	2.761.767	78.363
2005	134.101	0	3.109.339	64.338
2006	262.411	0	3.394.010	83.032
2007	280.339	0	3.982.004	94.270

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transporte - MOPT

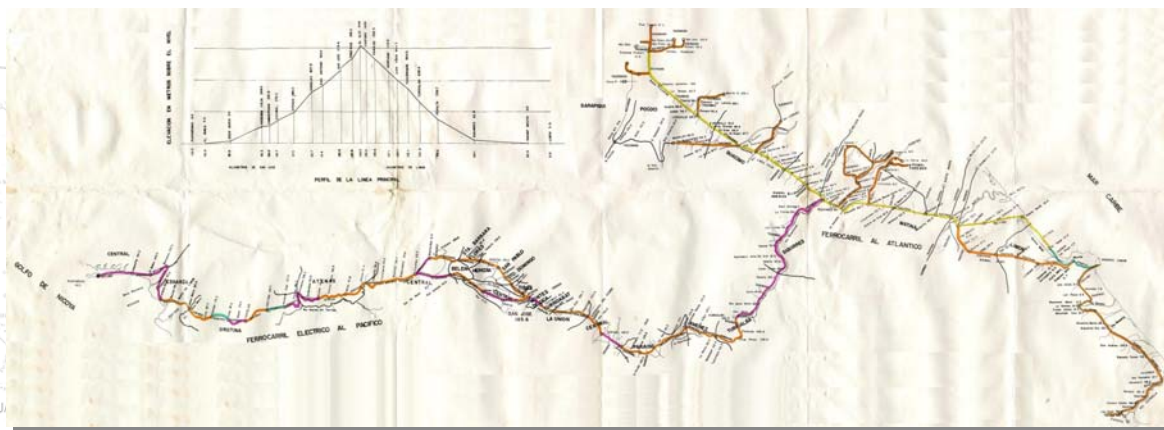
Igualmente es importante mencionar que al ser Costa Rica un país poco extenso, las distancias son cortas y por tanto históricamente la demanda nacional aérea de pasajeros y mercancías ha tenido un crecimiento muy bajo, debido a la competencia con el transporte de carretera.

3.3. Transporte Ferroviario

3.3.1. Oferta Modo Ferroviario

Costa Rica cuenta con dos líneas ferroviarias de ámbito nacional (ferrocarril al atlántico y ferrocarril al pacífico), así como dos líneas urbanas de pasajeros (San José – Heredia y Pavas – San Pedro). Actualmente se encuentra en servicio a nivel nacional solamente parte de la red del ferrocarril al atlántico para el flujo de mercancías, y para el flujo de pasajeros unos pocos kilómetros para trenes turísticos en el ferrocarril del atlántico y del pacífico. En la siguiente figura se presenta la red de estas dos líneas, sin embargo es importante recordar que en servicio se encuentra una mínima parte de los tramos.

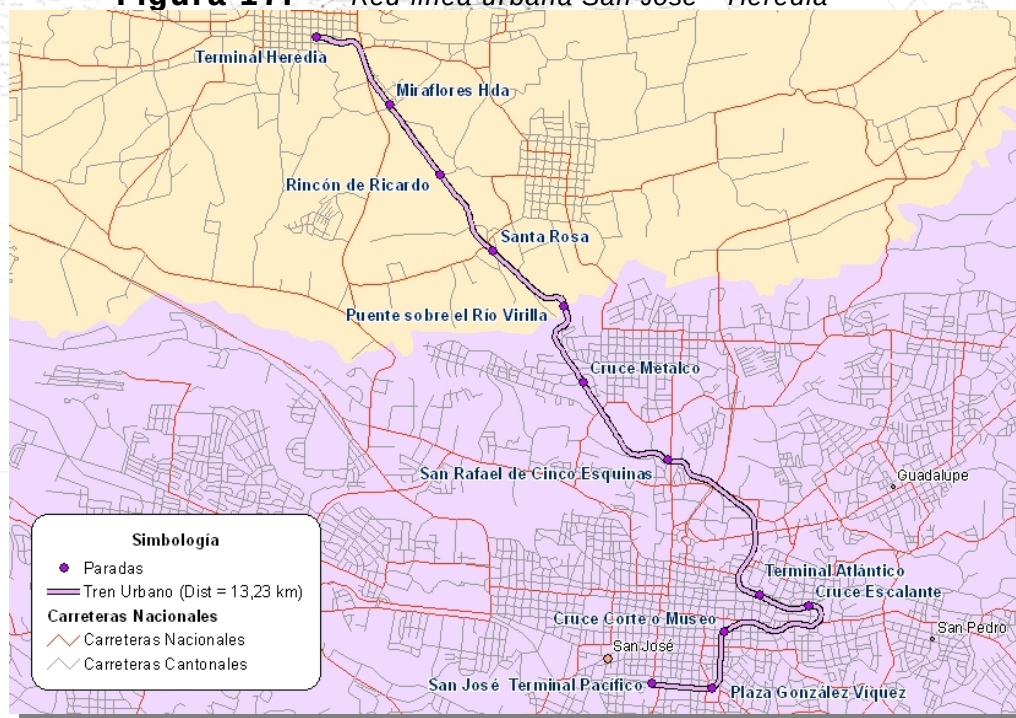
Figura 16. Red líneas ferroviarias del Atlántico y del Pacífico



Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos - ARESEP

La línea San José–Heredia, que reactivó el servicio en 2009, tiene un tiempo medio de recorrido de 30 minutos, con 13,2 kilómetros y 12 paradas. En la línea Pavas–San Pedro, el tiempo medio es de 70 minutos, con 15,8 kilómetros y 17 paradas.

Figura 17. Red línea urbana San José - Heredia

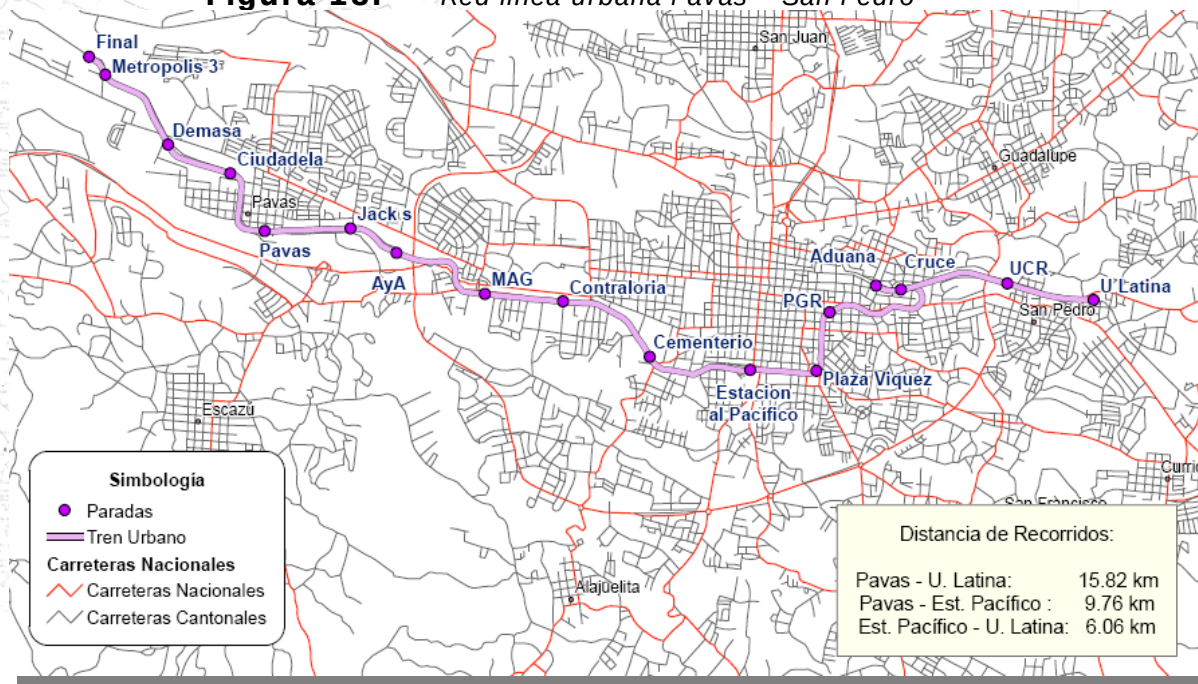


Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos - ARESEP

Aunque la diferencia en longitud de recorrido es solo de poco más de 2 kilómetros, la diferencia en tiempos de recorrido es más del doble para la línea Pavas–San Pedro. Esto se debe principalmente al mayor número de paradas para esta línea, aunque también

influye el trazado de la línea que igualmente contiene más tramos curvos, así como también más intersecciones con viarios de altos flujos vehiculares.

Figura 18. Red línea urbana Pavas – San Pedro



Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos - ARESEP

3.3.2. Demanda Modo Ferroviario

Según la evaluación de resultados del Instituto Costarricense de Ferrocarriles- INCOFER al cierre del año 2009, se movilizaron en el ferrocarril del Atlántico 2.893.578 cajas de banano y 59.222 toneladas métricas de acero.

Los trenes turísticos del pacífico y el atlántico movilizaron 19.450 pasajeros, y los trenes urbanos movizaron un total de 1.291.765 pasajeros, correspondiendo el 73% a la línea Pavas – San Pedro y el restante 26% a la línea San José – Heredia, debiéndose su baja participación, a que su entrada en operación se dio precisamente en el año 2009.

En el manual estadístico del año 2007 presentado por el MOPT, se presenta una serie de la demanda de mercancías según línea entre los años 2001 y 2007. Para la estimación de la serie de demanda entre los años 2004 y 2007 por productos se utilizaron datos del INCOFER.

Tabla 28. Mercancías por línea de ferrocarril. Toneladas al año. Años 2001-2007

Año	Al Pacífico	Al Atlántico	TOTAL
2001	58.629	140.723	199.352
2002	54.960	126.232	181.192
2003	14.078	105.152	119.230
2004	637	144.953	145.589
2005	12.089	118.985	131.074
2006	12.384	234.619	247.003
2007	0	231.254	231.254

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transporte - MOPT

Tabla 29. Mercancías por línea de ferrocarril y producto. Toneladas al año. Años 2004-2007

Año	Tipo de Producto	Al Pacífico	Al Atlántico	Total
2004	Banano	0	110.960	110.960
	Hierro	637	33.993	34.629
	Granos	0	0	0
2005	Banano	0	73.697	73.697
	Hierro	2.861	45.288	48.149
	Granos	9.229	0	9.229
2006	Banano	0	173.034	173.034
	Hierro	2.593	61.585	64.178
	Granos	9.791	0	9.791
2007	Banano	0	105.082	105.082
	Hierro	0	126.172	126.172
	Granos	0	0	0
2008	Banano	0	105.082	105.082
	Hierro	0	126.172	126.172
	Granos	0	0	0
2009	Banano	0	105.082	105.082
	Hierro	0	126.172	126.172
	Granos	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT y del INCOFER

La línea del pacífico estuvo en servicio para mercancías hasta el año 2006, cuando transportó un total de 12.384 toneladas de hierro y granos. La línea del atlántico continúa en funcionamiento para mercancías de banano y hierro, presentando un crecimiento anual acumulado del 9% entre los años 2004 y 2009.

En relación con el servicio de transporte de pasajeros de las líneas del atlántico y del pacífico, se movilizaron un total de 45.350 pasajeros, repartidos en 22.800 y 22.550, respectivamente con los trenes turísticos durante el año 2008, y un total de 19.450 para el año 2009, lo que representa una pérdida de viajeros en los últimos dos años.

En cuanto a las líneas urbanas, la línea urbana Pavas – San Pedro que viene prestando servicio desde el año 2005, ha tenido una pérdida de viajeros en los últimos años (-2%

para estaciones del 2010 y -19% para el año 2009), a pesar del importante crecimiento (35%) que tuvo en el año 2008, según los datos oficiales publicados en la evaluación de resultados del MOPT.

Tabla 30. Pasajeros línea urbana Pavas – San Pedro.
Viajeros al año. Años 2007-2009

Año	Línea Pavas - San Pedro
2007 (1)	871.625
2008 (1)	1.175.091
2009 (1)	950.554
2010 (2)	928.973

(1) Sacados de la evaluación de resultados del año correspondiente publicada por el MOTP.

(2) Estimada a partir de los resultados del trabajo de campo, 4.032 viajeros diarios y un ratio de 19,2 días/mes (presentado por la ARESEP).

Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOPT, de la ARESEP y de los trabajos de campo

La línea urbana San José – Heredia, que entro en servicio en el año 2009 logró movilizar 341.211 pasajeros en ese año. Según los resultados de los trabajos de campo su demanda ha aumentado considerablemente, ya que se estiman en 3.868 viajeros diarios, lo que representarían 891.197 viajeros al año, utilizando un ratio de 19,2 días al mes (presentado por la ARESEP).

3.4. Transporte Marítimo

3.4.1. Oferta Modo Marítimo

Costa Rica cuenta con 5 puertos marítimos internacionales en la costa pacífica y un complejo portuario (2 puertos) en la costa atlántica.

Los puertos de la costa pacífica son:

- Puntarenas: atiende el atraque de buques cruceros. La temporada de cruceros en la costa pacífica se concentra en los meses de noviembre y abril cuando, las condiciones marítimas son óptimas.
- Caldera: es el principal puerto para el comercio internacional de la costa pacífica y su tráfico principal es de importación de granos, vehículos y carga en general. En los últimos años se ha incrementado notablemente el arribo de barcos de contenedores, graneleros, cruceros y atuneros.
- Quepos: se utiliza para el atraque de barcos pequeños, como embarcaciones comerciales, de turismo y de pesca artesanal.

- Golfito: actualmente el puerto sirve para la exportación de aceite de palma y de algunos productos agropecuarios, adicionalmente para la explotación pesquera artesanal, turismo y alguna actividad comercial.
- Punta Morales: es para uso exclusivo de la exportación de azúcar, aunque recientemente se ha utilizado para la descarga y carga de alcohol.
- Muelle de Cuajiniquil: puerto nacional ubicado en el distrito de Cuajiniquil, cantón de La Cruz. Está administrado por la municipalidad del lugar, y está dedicado exclusivamente para la comercialización de pesca artesanal y para el atraque de yates de turismo.

Los puertos de la costa atlántica son:

- Limón: ubicado junto a la ciudad de Limón, a 160 kilómetros por tierra de la capital. Puestos de atraque: Muelle Alemán, Rampa ro-ro, Muelle cruceros, Muelle 70. Moviliza carga contenedorizada y carga general, por este puerto se atiende la mayor cantidad de cruceros.
- Moín: Puestos de Atraque: 5-1 (muelle petrolero), 5-2 (Rampa ro-ro), bananero, 5-3, 5-4, 5-5 y 5-6 (Taiwanés).

Figura 19. Ubicación de los puertos



Fuente: Elaboración propia a partir de información del MOTP

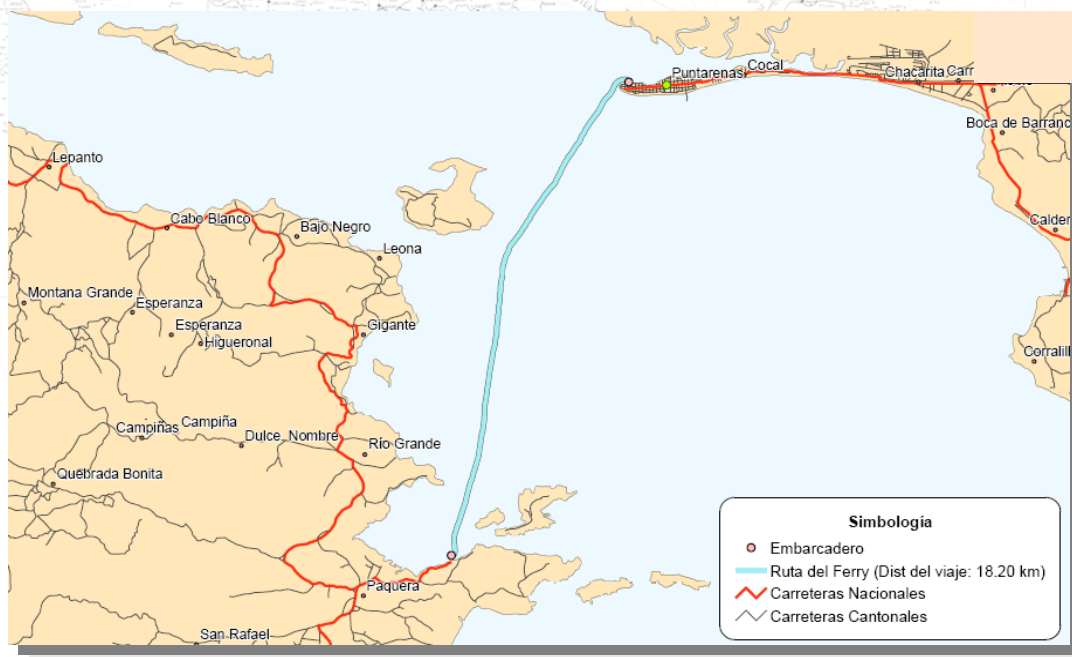
Adicionalmente, existen algunos servicios de cabotaje, que según ARESEP son de cabotaje mayor y menor, como se ve en el cuadro adjunto. De estos servicios de cabotaje el más importante es el de modalidad ferry entre Puntarenas y Paquera y viceversa.

Tabla 31. Rutas vigentes autorizadas por ARESEP para los servicios de cabotaje

Empresa	Ruta de Cabotaje
Cabotaje Mayor:	
COONATRAMAR, R.L	Puntarenas-Playa Naranjo
Naviera Tambor S.A	Puntarenas-Paquera Viceversa /modalidad Ferry
Cabotaje Menor:	
Anabella Morales Carpio	Puntarenas-Isla de Chira y Viceversa
Inversiones LEGU de Costa de Pájaros S.A.	Costa de Pájaros - Isla Chira y Viceversa
COOPETRACA R. L.	Pavona-Barra de Tortuguero y viceversa
Viajes y Transportes Clic-Clic, S.A.	Pavona-Barra de Tortuguero y viceversa
ADIP (Asociación de Desarrollo Integral de Paquera)	Puntarenas-Paquera y Viceversa /modalidad lancha
Edwin Castro Vásquez	Puerto Jiménez-Golfito y Viceversa

Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos – ARESEP

Figura 20. Línea del servicio de cabotaje Puntarenas - Paquera



Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos – ARESEP

3.4.2. Demanda Modo Marítimo

La demanda de pasajeros de los puertos en los últimos años presenta un crecimiento muy variable año tras año, sin embargo el crecimiento acumulado entre el periodo de 1993 y 2009 es del 8%, llegando a 365.713 viajeros para este último.

Tabla 32. Llegadas de cruceros y pasajeros. Años 1993-2008

Año	Cruceros	Var. %.	Pasajeros	Var. %.
1993	149	77,4	111.993	57,1
1994	173	16,1	155.584	38,9
1995	164	-5,2	139.428	-10,4
1996	168	2,4	158.742	13,9
1997	202	20,2	201.386	26,9
1998	220	8,9	224.405	11,4
1999	253	15,0	235.039	4,7
2000	199	-21,3	189.814	-19,2
2001	195	-2,0	188.596	-0,6
2002	186	-4,6	222.496	18,0
2003	202	8,6	275.585	23,9
2004	215	6,4	318.103	15,4
2005	192	-10,7	280.017	-12,0
2006	237	23,4	345.346	23,3
2007	216	-8,9	321.762	-6,8
2008	238	10,2	319.705	0,6
2009	253	6,3	365.713	14,1

Fuente: Instituto Costarricense de Turismo – ITC

Los puertos de la costa atlántica tienen una demanda mayor de viajeros, llegando a ser casi el 65%.

Tabla 33. Llegadas de cruceros y pasajeros según puerto. Años 2005-2009

Año	PACÍFICO (Caldera, Puntarenas y Golfito)		CARIBE (Puerto Limón)		Total	
	Cruceros	Pasajeros	Cruceros	Pasajeros	Cruceros	Pasajeros
2005	72	95.667	120	184.350	192	280.017
2006	97	141.467	140	204.179	237	345.646
2007	86	105.062	130	216.700	216	321.762
2008	103	120.277	135	199.428	238	319.705
2009	118	131.596	135	234.117	253	365.713

Fuente: Instituto Costarricense de Turismo – ITC

En cuanto a la demanda de mercancías se presenta un importante flujo de importaciones y exportaciones.

Tabla 34. Tráfico de carga por costa. Toneladas métricas. Años 2005-2007

Año	Atlántico			Pacífico		
	Importación	Exportación	Total	Importación	Exportación	Total
2005	3.971.512	4.175.710	8.147.222	2.712.260	538.058	3.250.318
2006	4.287.487	5.059.547	9.347.034	2.893.258	583.487	3.476.745
2007	4.650.528	5.269.919	9.920.447	3.131.425	550.984	3.682.409

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la JAPDEVA y el INCOP

Para la costa atlántica el puerto de Moín es el que mayor flujo presenta, teniendo una participación equitativa entre importaciones y exportaciones. Su principal producto de importación es el petróleo y de exportación el banano.

En la costa pacífica las importaciones son mucho mayores que las exportaciones, con una participación casi total del puerto Caldera.

En cuanto a la demanda de cabotaje es importante destacar el servicio de la línea Puntarenas – Paquera, ya que según un estudio realizado por la Dirección de infraestructura de la División Marítimo Portuario del MOPT, este servicio tuvo una demanda de más de 600.000 viajeros en año 2006.

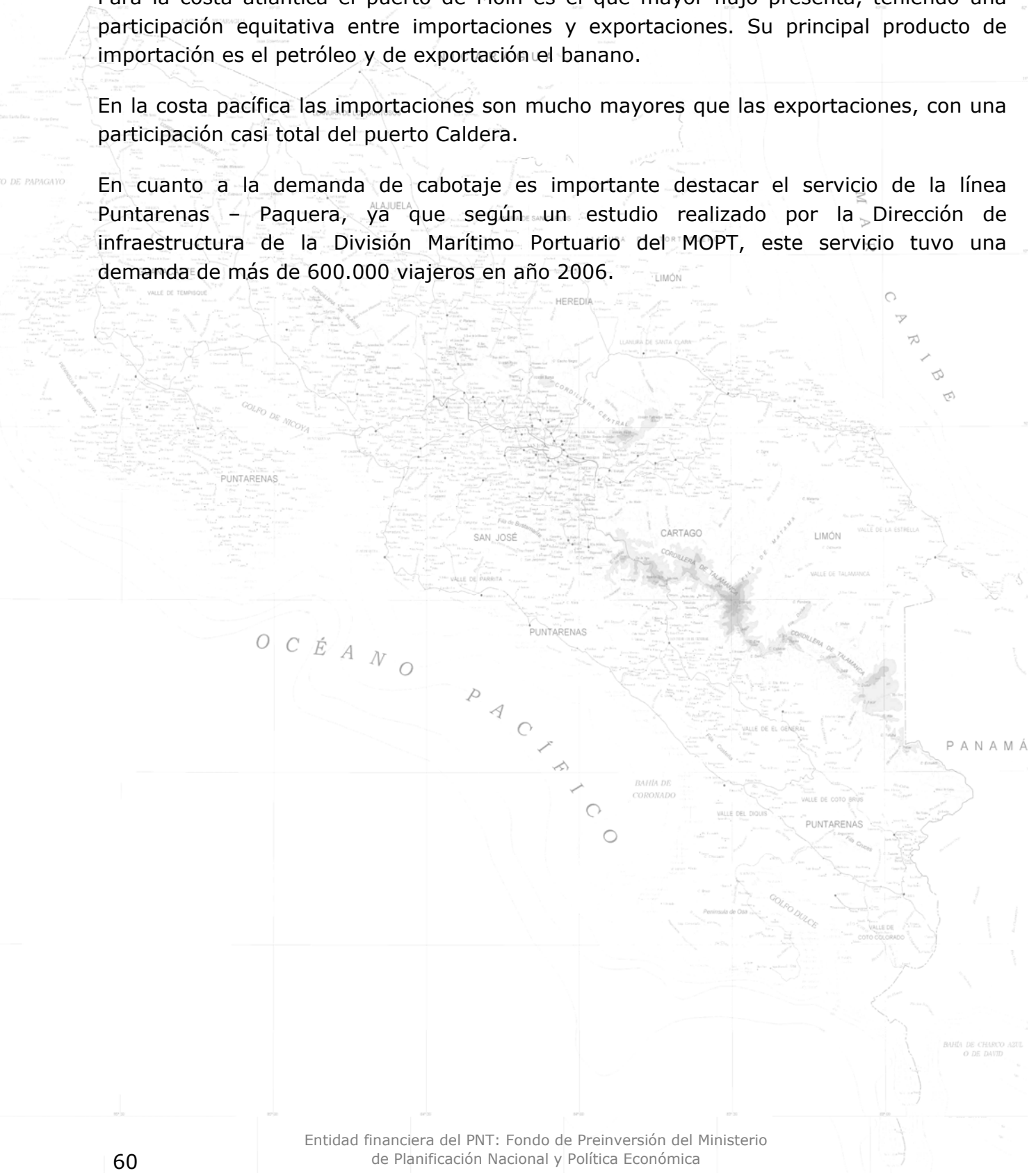


Tabla 35. Tráfico de carga por principales productos y puertos del atlántico (Toneladas Métricas). Años 2004-2008

Producto	2004		2005		2006		2007		2008	
	Limón	Moín	Limón	Moín	Limón	Moín	Limón	Moín	Limón	Moín
Papel y cartón	207.864	251.775	201.990	244.659	235.185	284.867	263.008	318.567	240.906	291.797
Hierro	127.992	42.091	120.495	39.626	132.144	43.457	157.545	51.810	260.245	85.584
Textiles	58.728	3.707	58.149	3.670	52.631	3.322	39.703	2.506	27.187	1.716
Productos químicos	182.834	111.606	164.171	100.213	144.372	88.128	159.128	97.136	188.394	115.000
Resinas	32.864	84.766	32.386	83.532	36.118	93.161	35.567	91.738	36.632	94.485
Fertilizantes	19.881	9.405	18.519	8.761	16.232	7.679	35.755	16.914	46.868	22.171
Petróleo y derivados	18.017	1.990.119	17.845	1.971.137	19.307	2.132.686	20.082	2.218.260	21.327	2.355.783
Vehículos y repuestos	34.620	24.111	39.438	27.466	40.754	28.382	58.251	40.568	57.596	40.112
Otros productos	529.397	309.722	529.609	309.846	586.141	342.921	658.649	385.341	652.265	381.606
TOTAL IMPORTACIÓN	1.212.197	2.827.302	1.182.600	2.788.912	1.262.885	3.024.602	1.427.688	3.222.840	1.531.420	3.388.254
Banano	37.726	1.891.776	34.228	1.716.324	42.933	2.152.879	44.764	2.244.667	41.471	2.079.546
Café	73.988	25.660	68.835	23.873	60.417	20.953	54.197	18.796	66.548	23.080
Verduras	54.773	130.957	57.324	137.057	71.927	171.970	39.840	95.254	72.182	172.581
Frutas frescas	90.725	833.709	115.003	1.056.810	137.848	1.266.740	147.771	1.357.922	154.859	1.423.058
Plantas y hortalizas	17.108	52.234	17.468	53.333	18.553	56.644	22.149	67.625	24.847	75.861
Textiles	54.240	3.423	57.456	3.626	49.179	3.104	43.216	2.728	28.297	1.786
Otros productos	533.850	240.721	575.066	259.307	693.631	312.769	779.501	351.489	703.268	317.115
TOTAL EXPORTACIÓN	862.410	3.178.480	925.380	3.250.330	1.074.487	3.985.060	1.131.438	4.138.481	1.091.472	4.093.027
TOTAL	2.074.606	6.005.783	2.107.980	6.039.242	2.337.372	7.009.662	2.559.125	7.361.322	2.622.892	7.481.281

Fuente: Junta de Administración Portuaria y Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica – JAPDEVA.

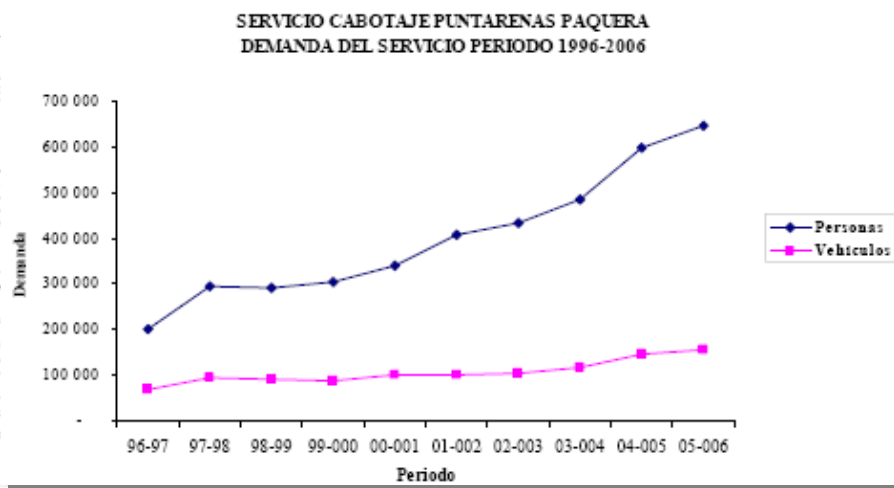
Tabla 36. Tráfico de carga por principales productos y puertos del pacífico (Toneladas Métricas). Años 2005-2007

Producto	2005			2006			2007		
	Caldera	Puntarenas	Punta morales	Caldera	Puntarenas	Punta morales	Caldera	Puntarenas	Punta morales
Mercadería general	2.839			4.605	594		20.213	521	
Hierro	153.920	1.985		209.645			208.401		
Vehículos	28.986	84		35.016	224		50.635		
Papel	2.180			0			0		
Contenedores	418.316	14.367		548.912	17.014		632.027		
Fertilizantes a sacos	4.721	3.565		16.197			13.203		
Sal en sacos	3.021			0	2.716		0		
Frutas en contenedor	13.097			2.996			0		
Cemento en paletas	9.757			0			0		
Aceite de girasol	0			696			985		
Aceite quemado	1.404	972		1.248	432		2.087	234	

Producto	2005			2006			2007		
	Caldera	Puntarenas	Punta morales	Caldera	Puntarenas	Punta morales	Caldera	Puntarenas	Punta morales
Combustible	19.476			55.632			91.334		
Maíz a granel	650.335	26.350		670.446	1.550		653.665		
Frijol de soya a granel	237.911	10.250		247.628	3.568		282.149		
Cascarilla de soya							2.678		
Trigo a granel	212.841	22.244		229.642	1.519		233.161		
Sal	9.190			6.842	10.155		24.148		
Malta a granel	18.271			12.533	3.582		17.739		
Arroz a granel	146.145			147.816	10.790		182.645		
Oxido de hierro	11.497			0			0		
Yeso a granel	86.149			58.115			84.942		
Urea a granel	5.811			0			23.785		
Fertilizantes	177.214	184.159		261.840	54.999		192.742		
Soda ash a granel	18.319			26.009			27.556		
Carbón mineral a granel	0			15.752			0		
Coke de petróleo a granel	128.744			114.717			118.709		
Harina soya							10.436		
Atún a granel	0			684					
Muriato de potasio							17.200		
Destilado seco							67.454		
Urea		8.072							
Alcohol			80.068			119.144			152.470
Azúcar									20.306
TOTAL IMPORTACIÓN	2.360.144	272.048	80.068	2.666.971	107.143	119.144	2.957.894	755	172.776
Mercadería general	371	5		1.022	943		516	607	
Vehículos	82			130	7		170		
Contenedores	127.072	11.286		270.919	8.934		287.212		
Cemento en sacos	30.265			5.750			0		
Banano en paletas	44.691			2.532			0		
Frutas en contenedor	17.790			8.940	928		79.875	48	
Frutas en paletas	11.720			26.096					
Clinker a granel	24.893			0			0		
Ganado en pie	1.144			377			0		
Alcohol			98.032			137.213			91.773
Melaza			25.850						
Azúcar			144.857			119.696			90.783
TOTAL EXPORTACIÓN	258.028	11.291	268.739	315.766	10.812	256.909	367.773	656	182.555
TOTAL	2.618.172	283.339	348.807	2.982.737	117.955	376.053	3.325.668	1.411	355.331

Fuente: Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico – INCOP

Figura 21. Demanda servicio de la línea Puntarenas-Paquera. Viajeros y vehículos. Años 1996-2006



Fuente: Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico – INCOP

4. Modelo de Transportes. Generalidades

4.1. Introducción

El objetivo fundamental del modelo de transporte es el de desarrollar una herramienta de previsión de tráfico que permita apoyar las decisiones futuras en cuanto a nuevas infraestructuras y/o medidas para la gestión del transporte (económico, el nivel de calidad de los servicios,...) de manera que se pueda potenciar o penalizar la utilización de los diferentes modos de transportes.

Para lograr este objetivo se implementarán procesos de estudios estadísticos, de análisis matemáticos, de enfoque socio-económico y el modelo.

En general, el modelo derivado del estudio podrá realizar pronósticos de la demanda de transporte y su distribución modal, en función de los escenarios (nuevas infraestructuras, variación de los precios, modificaciones en los servicios, etc.) y los horizontes temporales propuestos.

4.2. Consideraciones Generales de la Metodología

El desarrollo del modelo está enmarcado dentro del Plan Nacional de Transportes de Costa Rica, por lo tanto, la zona del estudio se corresponde con todo el territorio nacional.

De acuerdo con este alcance y teniendo en cuenta que la información socioeconómica y de tráfico disponible es anual, se ha considerado la misma referencia temporal en el modelo.

Se trata, por tanto, de un modelo macro de transportes que permite predecir la distribución de una matriz origen-destino (demanda) sobre las redes de los diferentes modos de transporte (oferta).

El modelo desarrollado se basa en una estructura general de modelización denominada modelo clásico de transporte de cuatro etapas. Esta estructura, desarrollada en los años 60, ha permanecido relativamente inalterada a pesar de las importantes mejoras experimentadas en las técnicas de modelización durante los últimos años.

El enfoque comienza considerando una zonificación para el ámbito de estudio con objeto de obtener zonas de transporte que presenten cierta homogeneidad en los parámetros que influyen en la movilidad.

El siguiente aspecto a desarrollar es la caracterización del sistema de redes de transporte (oferta), atendiendo a infraestructuras (longitud, número de carriles, capacidad, etc.), costes (tarifas, peajes, coste del carburante, etc) y características funcionales (tiempos, velocidades, recorridos, etc.). La variación de estas variables va a permitir la simulación de los diferentes escenarios de oferta, tanto de infraestructuras como de medidas de gestión del transporte.

En paralelo a la caracterización de la oferta, es necesario determinar los modelos matemáticos que reproduzcan la movilidad generada del ámbito del estudio (demanda), es decir, los viajes producidos y atraídos por cada una de las zonas de transporte, en función de las variables socioeconómicas de cada una de ellas (población, empleo, viviendas, índice de motorización, PIB, empresas, etc.).

El paso siguiente es repartir estos viajes a diferentes destinos, en otras palabras, su distribución en el espacio, aplicando métodos matemáticos iterativos, dando lugar a la matriz de viajes origen-destino (O-D).

La tercera etapa consiste en modelizar la elección de modo o reparto modal, y esto tiene como resultado la asignación de los viajes de la matriz O-D según los diferentes modos de transporte.

Finalmente, la última etapa del modelo de transportes consiste en la asignación de los viajes en cada modo a su red correspondiente.

Una vez calibrado y validado el modelo según las condiciones del año base, a partir de datos de aforos, es cuando puede ser aplicado a uno o más horizontes de planificación futuros. Para hacer esto se deben plantear escenarios que describan las características relevantes del sistema de transporte y las variables de planificación en situaciones futuras.

La simulación de los distintos escenarios propuestos se llevará a cabo introduciendo, tanto, las nuevas infraestructuras o posibles variaciones en las existentes, como, las medidas de gestión del transporte que se traducirán en variaciones de los parámetros

relativos al coste de los diferentes modos y/o a las características funcionales de la red. Asimismo se proyectarán a futuro las mismas variables socioeconómicas utilizadas en el modelo de demanda (primera etapa), considerando los crecimientos vegetativos y los producidos por nuevos desarrollos urbanísticos, industriales o turísticos.

Los resultados obtenidos permitirán evaluar los escenarios futuros y las alternativas de funcionamiento de la red de transporte de Costa Rica, con objeto de determinar las políticas y actuaciones más apropiadas para satisfacer la demanda en la zona de estudio y conseguir un equilibrio modal adecuado.

En los apartados correspondientes a la modelización del escenario base y los escenarios futuros se describirá de forma detallada cómo se abordaron cada una de las fases anteriores, los datos de partida utilizados, la representación de las redes de transporte, las variables e hipótesis a utilizar para la caracterización de la oferta, las formulaciones para la estimación de la demanda.

Para el desarrollo de la metodología anteriormente descrita en el presente modelo se ha utilizado TransCAD (ver capítulo 4.3), un potente software empleado para la planificación del transporte que incluye todas las funciones para la modelización clásica de cuatro etapas (generación, distribución, reparto modal y asignación).

4.3. Características principales del software

TransCAD es un sistema de información geográfica (SIG), diseñado especialmente por profesionales del transporte, que permite almacenar, visualizar y analizar los datos relativos al transporte. A diferencia de otros paquetes informáticos de transporte, TransCAD, combina, en una plataforma integrada, las propiedades de un SIG y las capacidades de un modelo de transportes.

Las principales razones que respaldan el uso de este software son entre otras:

- Consta de las cuatro etapas: TransCAD incluye las cuatro etapas clásicas de los modelos de transporte: la generación, la distribución, el reparto modal y la asignación. El lenguaje de programación integrado permite por otra parte automatizar la secuencia de las cuatro grandes etapas.
- Cuenta con una interfaz de usuario muy amigable: la interfaz utilizada por TransCAD es muy fácil de usar e implementar, es una interfaz clásica tipo Windows que se ejecuta a través de menús y cuadros de diálogo. Puede ser simplificado aún más con la creación de cuadros de diálogo para automatizar la secuencia de los diferentes procedimientos. Permitiendo así:
 - Identificar todos los parámetros que se pueden modificar.

- Describir cada archivo Excel (cálculos o resultados) con una hoja de características del archivo y sus correspondientes parámetros.
- Permite automatizar las tareas repetitivas por medio de los archivos en Excel, TransCAD y Access.
- Dispone de un Sistema de Información Geográfico: una de las particularidades de TransCAD es que ofrece un potente SIG totalmente integrado a los diferentes procedimientos de planificación de transportes. Esta integración facilita el trabajo del planificador que interviene en todas las etapas del estudio, así:
 - Creación de redes y análisis de oferta: importación de archivos SIG de numerosos formatos, incluyendo Mapinfo, verificación de conectividad, fusión de diferentes redes...
 - Demanda: importación de archivos SIG para la elaboración de la superficie de zonificación, creación de centroides, conexión automática de los centroides con la red, fusión de zonas y agregar atributos.
 - Análisis temáticos de todos los archivos geográficos: imágenes de los datos de entrada y de los resultados (incluyendo asignaciones), sin necesidad de cambiar de software (cargas por troncos, por líneas, subidos/bajados en estaciones).
 - Análisis específicos: cálculo de las características socio-demográficas de intersección de zonas (por ejemplo, la población atendida), lectura de archivos GPS para incluir imágenes y el análisis de tiempos medios de viaje.

5. Modelo de Transportes. Escenario Base

5.1. Introducción

Inicialmente se definirá la zona de estudio y su zonificación, luego se construirá el modelo de oferta, para finalmente desarrollar el modelo de demanda y su respectiva calibración.

El año tomado como punto de partida (escenario de referencia) es el 2008, debido a que se dispone de la información socioeconómica y de demanda más homogénea. Sin embargo, el "escenario base" se definirá para el año 2010, ya que los datos para efectuar la calibración del modelo (trabajos de campo) corresponden a este año.

Es decir, las variables socioeconómicas y la demanda del escenario de referencia se proyectarán al año 2010, para así construir, desarrollar y calibrar en dicho año el escenario base.

Debido a la escasa información disponible a nivel nacional del modo marítimo (cabotaje), del aéreo y del ferrocarril, así como de su reducida representatividad en el reparto modal

tanto de la demanda de pasajeros como de las mercancías, estos tres modos (marítimo, aéreo y ferrocarril) quedan fuera de la definición del escenario base, y por tanto dicho escenario se construirá para el modo carretera.

Se tendrán en cuenta tres líneas de ferry Puntarenas-Paquera, Puntaderas-Playa Naranjo y Golfito-Puerto Jiménez, sin embargo estas líneas se incluirán dentro de la red de carreteras, como se explicará más adelante. Igualmente, las líneas de ferrocarril urbanas se incluirán como dos líneas más en la red de autobuses.

Es importante destacar que tanto la demanda aérea como marítima, está considerada ya como perteneciente a alguno de los otros modos (carretera o ferroviaria), dado que son auxiliares o complementarios para el modo aéreo o portuario en la movilidad de los flujos de estos (el viajero que accede al aeropuerto o puerto ha tenido que llegar por medios terrestres), por lo que la evolución tendencial de esa demanda será tenida en cuenta junto con las variaciones de cada escenario y modo terrestre.

El escenario actual se definirá solamente para la demanda de pasajeros, debido a la escasa información para poder introducir en el modelo la demanda de mercancías.

5.2. Zonificación

Como se mencionó anteriormente, todo el proceso de modelización de la red de transporte deberá tener una referencia espacial que conecte la red (oferta) con los datos de movilidad (demanda).

En el caso de Costa Rica, el país se define como el área de estudio, tomando como punto de partida para efectuar la zonificación del modelo en zonas de transporte, su división administrativa en 81 cantones y 471 distritos.

Inicialmente, se dividió en 81 zonas de transporte (correspondientes a los Cantones), sin embargo teniendo en cuenta que algunos cantones tenían unas dimensiones muy grandes, y que la zona de la Gran Área Metropolitana (GAM) presenta los mayores flujos de demanda, se han realizado divisiones adicionales.

Para dichas divisiones se ha tenido en cuenta su homogeneidad, que se entiende dada por la división en distritos y cantones, así como también se ha verificado que se mantuviera una conectividad entre ellas por medio de la red de carreteras utilizada en el modelo.

Es importante destacar que se ha considerado la GAM como gran centro generador y atractor de viajes, y por tanto su zonificación ha tenido un tratamiento particular de manera que se puedan reflejar los flujos entre las principales poblaciones tanto fuera como dentro de la GAM.

En conclusión, la zonificación para el modelo abarca todo el territorio nacional con un total de 108 zonas.

En la siguiente figura se muestra el resultado y se resume en la tabla el total de zonas de transporte, indicando los cantones y distritos que incluye cada una.

Tabla 37. Zonas de transporte según cantón y distrito

Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
1	San José	10107 10109	Uruca Pavas
2	San José	10102 10103 10108 10110	Merced Hospital Mata Redonda Hatillo
3	San José	10101 10104 10105 10106 10111	Carmen Catedral Zapote San Francisco de Dos Ríos San Sebastián
4	Escazú	10201 10202 10203	Escazú San Antonio San Rafael
5	Desamparados	10301 10302 10303 10304 10305 10307 10310 10311 10312 10313	Desamparados San Miguel San Juan de Dios San Rafael Arriba San Antonio Patarrá Damas San Rafael Abajo Gravilias Los Guidos
6	Desamparados	10306 10308 10309	Frailes San Cristóbal Rosario
7	Puriscal	10401 10402 10403 10404 10405 10406 10407 10408 10409	Santiago Mercedes Sur Barbacoas Grifo Alto San Rafael Candelarita Desamparaditos San Antonio Chires
8	Tarrazú	10501 10502 10503	San Marcos San Lorenzo San Carlos
9	Aserri	10601 10607	Aserri Salitrillos
10	Aserri	10602 10603 10604 10605 10606	Tarbaca Vuelta de Jorco San Gabriel La Legua Monterrey
11	Mora	10701 10702 10703 10704 10705	Colón Guayabo Tabarcia Piedras Negras Picagres
12	Goicoechea	10801 10802 10803 10804 10805 10806	Guadalupe San Francisco Calle Blancos Mata de Plátano Ipís Rancho Redondo

Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
13	Santa Ana	10807	Purral
		10901	Santa Ana
		10902	Salitral
		10903	Pozos
		10904	Uruca
		10905	Piedades
14	Alajuelita	10906	Brasil
		11001	Alajuelita
		11002	San Jocesito
		11003	San Antonio
		11004	Concepción
		11005	San Felipe
15	Vázquez de Coronado	11101	San Isidro
		11102	San Rafael
		11104	Patalillo
16	Vázquez de Coronado	11103	Dulce Nombre de Jesús
		11105	Cascajal
17	Acosta	11201	San Ignacio
		11202	Guaitil
		11203	Palmichal
		11204	Cangrejal
		11205	Sabanillas
18	Tibás	11301	San Juan
		11302	Cinco Esquinas
		11303	Anselmo Llorente
		11304	León XIII
		11305	Colina
19	Moravia	11401	San Vicente
		11402	San Jerónimo
		11403	Trinidad
20	Montes de Oca	11501	San Pedro
		11502	Sabanilla
		11503	Mercedes
		11504	San Rafael
21	Turrubares	11601	San Pablo
		11602	San Pedro
		11603	San Juan de Mata
		11604	San Luis
22	Dota	11701	Santa María
		11702	Jardín
		11703	Copey
23	Curridabat	11801	Curridabat
		11802	Granadilla
		11803	Sánchez
		11804	Tirrases
24	Perez Zeledón	11901	San Isidro de El General
		11902	General
		11903	Daniel Flores
		11904	Rivas
		11905	San Pedro
		11906	Platanares
		11907	Pejibaye
		11908	Cajón
		11909	Barú
		11910	Río Nuevo
		11911	Páramo
25	Leon Cortes	12001	San Pablo
		12002	San Andrés
		12003	Llano Bonito (San Rafael)
		12004	San Isidro
		12005	Santa Cruz
		12006	San Antonio

Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
26	Alajuela	20105 20108 20111	Guácima San Rafael Turrúcares
27	Alajuela	20102 20104 20112 20113	San José San Antonio Tambor Garita
28	Alajuela	20101 20109 20110	Alajuela Río Segundo Desamparados
29	Alajuela	20103 20106 20107	Carrizal San Isidro Sabanilla
30	Alajuela	20114	Sarapiquí
31	San Ramón	20201 20202 20203 20204 20205 20206 20207 20208 20209 20210 20211 20212 20213	San Ramón Santiago San Juan Piedades Norte Piedades Sur San Rafael San Isidro Ángeles Alfaro Volio Concepción Zapotal Peñas Blancas
32	Grecia	20306	Río Cuarto
33	Grecia	20301 20302 20303 20304 20305 20307 20308	Grecia San Isidro San José San Roque Tacares Puente Piedras Bolívar
34	San Mateo	20401 20402 20403	San Mateo Desmonte Jesús María
35	Atenas	20501 20502 20503 20504 20505 20506 20507 20508	Atenas Jesús Mercedes San Isidro Concepción San José Santa Eulalia Escobal
36	Naranjo	20601 20602 20603 20604 20605 20606 20607	Naranjo San Miguel San José Cirrí Sur San Jerónimo San Juan Rosario
37	Palmares	20701 20702 20703 20704 20705 20706 20707	Palmares Zaragoza Buenos Aires Santiago Candelaria Esquipulas Granja
38	Poás	20801 20802	San Pedro San Juan

Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
39	Orotina	20803	San Rafael
		20804	Carrillos
		20805	Sabana Redonda
40	San Carlos	20901	Orotina
		20902	Mastate
		20903	Hacienda Vieja
		20904	Coyolar
		20905	Ceiba
		21001	Quesada
41	Alfaro Ruiz	21002	Florencia
		21003	Buenavista
		21004	Aguas Zarcas
		21005	Venecia
		21006	Pital
		21007	Fortuna
		21008	Tigra
		21009	Palmera
		21010	Venado
		21011	Cutris
		21012	Monterrey
		21013	Pocosol
42	Valverde Vega	21101	Zarcero
		21102	Laguna
		21103	Tapezco
		21104	Guadalupe
		21105	Palmira
		21106	Zapote
		21107	Brisas
43	Upala	21201	Sarchí Norte
		21202	Sarchí Sur
		21203	Toro Amarillo
		21204	San Pedro
		21205	Rodríguez
		21301	Upala
		21302	Aguas Claras
44	Los Chiles	21303	San José (Pizote)
		21304	Bijagua
		21305	Delicias
		21306	Dos Ríos
45	Guatuso	21307	Yolillal
		21401	Los Chiles
		21402	Caño Negro
46	Cartago	21403	El Amparo
		21404	San Jorge
		21501	San Rafael
47	Cartago	21502	Buenavista
		21503	Cote
		30105	Aguacaliente (San Francisco)
48	Cartago	30109	Dulce Nombre
		30107	Corralillo
		30101	Oriental
49	Cartago	30102	Occidental
		30106	Guadalupe (Arenilla)
		30111	Quebradilla
		30103	Carmen
50	Cartago	30104	San Nicolás
		30108	Tierra Blanca
		30110	Llano Grande
51	Paraíso	30201	Paraíso
		30202	Santiago
		30204	Cachí
		30205	Llanos de Santa Lucia

Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
52	Paraíso	30203	Orosi
53	La Unión	30301	Tres Ríos
		30302	San Diego
		30303	San Juan
		30304	San Rafael
		30305	Concepción
		30306	Dulce Nombre
		30307	San Ramón
		30308	Río Azul
54	Jiménez	30401	Juan Viñas
		30402	Tucurrique
		30403	Pejibaye
55	Turrialba	30502	La Suiza
56	Turrialba	30507	Tuis
		30508	Tayutic
		30510	Tres Equis
57	Turrialba	30501	Turrialba
		30503	Peralta
		30504	Santa Cruz
		30505	Santa Teresita
		30506	Pavones
		30509	Santa Rosa
58	Alvarado	30601	Pacayas
		30602	Cervantes
		30603	Capellades
59	Oreamuno	30705	Santa Rosa
60	Oreamuno	30701	San Rafael
		30702	Cot
		30703	Potrero Grande
		30704	Cipreses
61	El Guarco	30802	San Isidro
62	El Guarco	30801	Tejar
		30803	Tobosi
		30804	Patio de Agua
63	Heredia	40101	Heredia
		40102	Mercedes
		40103	San Francisco
		40104	Ulloa
64	Heredia	40105	Vara Blanca
65	Barva	40202	San Pedro
		40206	San José de la Montaña
66	Barva	40201	Barva
		40203	San Pablo
		40204	San Roque
		40205	Santa Lucía
67	Santo Domingo	40303	San Miguel
		40304	Paracito
		40307	Tures
		40308	Pará
68	Santo Domingo	40301	Santo Domingo
		40302	San Vicente
		40305	Santo Tomás
		40306	Santa Rosa
69	Santa Bárbara	40401	Santa Bárbara
		40402	San Pedro
		40403	San Juan
		40404	Jesús
		40406	Purabá
70	Santa Bárbara	40405	Santo Domingo
71	San Rafael	40504	Ángeles
		40505	Concepción
72	San Rafael	40501	San Rafael

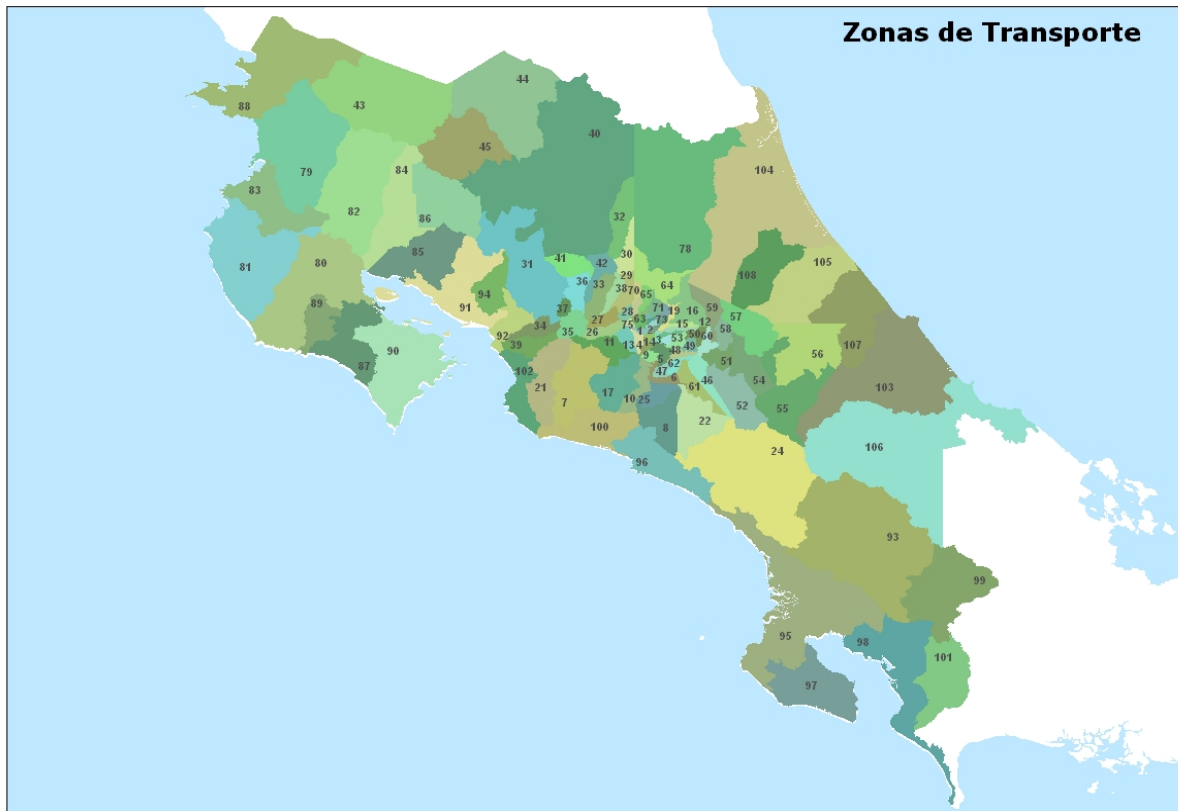
Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
		40502	San Josecito
		40503	Santiago
73	San Isidro	40602	San José
		40603	Concepción
74	San Isidro	40601	San Isidro
		40604	San Francisco
75	Belén	40701	San Antonio
		40702	Ribera
		40703	Asunción
76	Flores	40801	San Joaquín
		40802	Barrantes
		40803	Llorente
77	San Pablo	40901	San Pablo
78	Sarapiquí	41001	Puerto Viejo
		41002	La Virgen
		41003	Horquetas
		41004	Llanuras del Gaspar
		41005	Cureña
79	Liberia	50101	Liberia
		50102	Cañas Dulces
		50103	Mayorga
		50104	Nacascolo
		50105	Curubandé
80	Nicoya	50201	Nicoya
		50202	Mansión
		50203	San Antonio
		50204	Quebrada Honda
		50205	Sámara
		50206	Nosara
		50207	Belén Nosarita
81	Santa Cruz	50301	Santa Cruz
		50302	Bolsón
		50303	Veintisiete de Abril
		50304	Tempate
		50305	Cartagena
		50306	Cuajiniquil
		50307	Diriá
		50308	Cabo Velas
		50309	Tamarindo
82	Bagaces	50401	Bagaces
		50402	Fortuna
		50403	Mogote
		50404	Río Naranjo
83	Carrillo	50501	Filadelfia
		50502	Palmira
		50503	Sardinal
		50504	Belén
84	Cañas	50601	Cañas
		50602	Palmira
		50603	San Miguel
		50604	Bebedero
		50605	Porozal
85	Abangares	50701	Juntas
		50702	Sierra
		50703	San Juan
		50704	Colorado
86	Tilarán	50801	Tilarán
		50802	Quebrada Grande
		50803	Tronadora
		50804	Santa Rosa
		50805	Líbano
		50806	Tierras Morenas

Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
87	Nandayure	50807	Arenal
		50901	Carmona
		50902	Santa Rita
		50903	Zapotal
		50904	San Pablo
		50905	Porvenir
88	La Cruz	50906	Bejuco
		51001	La Cruz
		51002	Santa Cecilia
		51003	Garita
89	Hojancha	51004	Santa Elena
		51101	Hojancha
		51102	Monte Romo
		51103	Puerto Carrillo
90	Puntarenas	51104	Huacas
		60104	Lepanto
		60105	Paquera
91	Puntarenas	60111	Cóbano
		60101	Puntarenas
		60102	Pitahaya
		60103	Chomes
		60106	Manzanillo
		60107	Guacimal
		60108	Barranca
		60109	Monte Verde
		60112	Chacarita
		60113	Chira
92	Esparza	60114	Acapulco
		60201	Espíritu Santo
		60202	San Juan Grande
		60203	Macacona
		60204	San Rafael
93	Buenos Aires	60205	San Jerónimo
		60301	Buenos Aires
		60302	Volcán
		60303	Potrero Grande
		60304	Boruca
		60305	Pilas
		60306	Colinas
		60307	Chánguena
94	Montes de Oro	60308	Biolley
		60401	Miramar
		60402	Unión
95	Osa	60403	San Isidro
		60501	Puerto Cortés
		60502	Palmar
		60503	Sierpe
		60504	Bahía Ballena
96	Aguirre	60505	Piedras Blancas
		60601	Quepos
		60602	Savegre
		60603	Naranjito
97	Golfito	60702	Puerto Jiménez
98	Golfito	60701	Golfito
		60703	Guaycará
		60704	Pavón
99	Coto Brus	60801	San Vito
		60802	Sabalito
		60803	Aguabuena
		60804	Limoncito
		60805	Pittier
100	Parrita	60901	Parrita

Zona de Transporte	Cantón	Código Distrito	Nombre Distrito
101	Corredores	61001 61002 61003 61004	Corredor La Cuesta Canoas Laurel
102	Garabito	61101 61102	Jacó Tárcoles
103	Limón	70101 70103 70104 70102	Limón Río Blanco Matama Valle La Estrella
104	Pococí	70201 70202 70203 70204 70205 70206	Guápiles Jiménez Rita Roxana Cariari Colorado
105	Siquirres	70301 70302 70303 70304 70305 70306	Siquirres Pacuarito Florida Germania Cairo Alegria
106	Talamanca	70401 70402 70403	Bratsi Sixaola Cahuita
107	Matina	70501 70502 70503	Matina Batán Carrandi
108	Guácimo	70601 70602 70603 70604 70605	Guácimo Mercedes Pocora Río Jiménez Duacari

Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Zonas de transporte



Fuente: Elaboración propia

5.3. Modelo de Oferta

La oferta de transportes en Costa Rica será codificada utilizando el software de simulación TransCAD para implementar la red de carreteras. Del mismo modo, se caracterizará geométrica y funcionalmente el escenario base (2010).

Para la representación a nivel geométrico se ha realizado una grafiado esquemático de la red en TransCAD a partir de los mapas de carreteras del MOPT. La esquematización de la oferta en TransCAD estará definida principalmente por los siguientes elementos:

- Arcos o "links": definen las secciones de la red en ambas direcciones. Contienen la información intrínseca sobre los atributos funcionales que las definen, como longitud, velocidad media, costo, entre otros. Cada elemento de la red (carretera) esta subdivido en varios arcos, de forma que permita representar tramos con distintas características geométricas (número de carriles, pendientes, etc.) o funcionales (velocidades, penalizaciones en tiempos/velocidades motivadas por: controles policiales, mal estado de conservación de la red, peajes, etc.). Tanto la

subdivisión en arcos como la información que contiene cada uno de ellos son variables y son susceptibles de ser modificadas para la caracterización de los distintos escenarios.

- **Nodos:** los nodos de la red son los elementos de unión entre los arcos. Permiten definir el final de las líneas, las intersecciones entre ellas y los cambios de características en los distintos tramos de la red.

Asimismo la modelización de la oferta requiere la definición de una serie de elementos complementarios que van a permitir asociar la demanda a la red:

- **Centroides:** obtenidos a partir de la zonificación del área de estudio. Se corresponden con el centro representativo de cada zona de transporte origen o destino de demanda de viajes.
- **Conectores:** son los elementos que conectan los centroides con uno o más nodos de la red. Estos representan el tiempo de acceso y dispersión entre una zona y la red de carretera.

A continuación, se muestra la oferta de transporte implementada, así como las hipótesis consideradas.

5.3.1. Modo Carretera

Sobre la base de diversas informaciones recogidas, se construyó una red de carreteras en toda el área de estudio correspondiente a la situación actual. Para un modelo de transporte a nivel nacional con la zonificación indicada anteriormente, la oferta de transporte que se considera convenientemente adecuada es la representada por la red vial nacional (primaria, secundaria y terciaria), lo que implica aproximadamente 7.600 km de carreteras.

Se incluirá como parte de la red de carreteras las líneas de ferry Puntarenas-Paquera, Puntaderas-Playa Naranjo y Golfito-Puerto Jiménez, con sus respectivas hipótesis (características) como se verá más adelante.

La codificación se realizó en TransCAD, según el mapa que se muestra de la red de vehículo privado. La estructura común de datos para todas las secciones, y que la caracteriza con una cierta cantidad de información que como mínimo se requiere es la siguiente:

Tabla 38. Estructura de la base de datos dentro del modelo. Red de carreteras

CAMPO	DESCRIPCIÓN
ID	Número del objeto generado por TransCAD
Ruta	Número de la ruta y Tipo (primaria, secundaria, terciaria)
Distancia	Longitud de la sección (km)
Velocidad_VP	Velocidad media de vehículo privado (km/h)
Velocidad_BUS	Velocidad media de bus (km/h)
Tiempo_VP	Tiempo de viaje estimado sobre la base de Velocidad_VP (minutos)
Tiempo_BUS	Tiempo de viaje estimado sobre la base de Velocidad_BUS (minutos)
Coste/km_VP	Coste medio de transporte para el usuario en vehículo privado (Colones/km)
Peaje/km_VP	Para secciones de la red primaria con peaje en vehículo privado (Colones/km)
COSTE_TOTAL_VP	COSTE TOTAL de transporte por sección en Vehículo Privado (Colones) = (Coste/km_VP + Peaje/km_VP) * DISTANCIA (km)
N_Carriles	Número de carriles/sentido de la sección
CAPACIDAD	Capacidad de vehículos por sección

Fuente: Elaboración propia

Las hipótesis de velocidades medias según la red vial definida en el modelo se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 39. Hipótesis de explotación por tipo de ruta. Red de carreteras

TIPO DE RUTA	Velocidad media VP (km / h) ⁽¹⁾	Velocidad media BUS (km / h) ⁽²⁾	Número de carriles por sentido ⁽³⁾
Primaria	90 a 40	65	6 a 2
Secundaria	70 a 30	50	4 a 1
Terciaria	50 a 20	35	2-1
Ferry ⁽⁴⁾	15	NA	NA

(1) A partir de la información entregada por el MOPT de la totalidad de la red vial nacional, cada tronco tendrá su velocidad correspondiente entre el rango indicado

(2) Se ha estimado como promedio de la velocidad media en VP para cada tipo de ruta

(3) A partir de la información entregada por el MOPT de la totalidad de la red vial nacional, cada sección tendrá su número de carriles correspondiente entre el rango indicado

(4) La velocidad en la línea del ferry se ha estimado a partir de información del ICT y de la ARECEP, tiempo 1:15 horas y distancia 18,2km, respectivamente

NA: no aplica

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la capacidad, es un concepto general que establece el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) como "el número máximo de vehículos que razonablemente se puede cargar en una determinada sección de una carretera o un camino en una dirección (o en ambas direcciones, por un camino de dos vías), con características geométricas y de tráfico que son específicos para un período de tiempo (una hora, por lo general)".

Esta definición implica que todo el tráfico que supera el número máximo indicado de los vehículos que causan la congestión del tráfico genera la reducción de velocidad, por lo tanto pérdida de tiempo y costes adicionales para los usuarios de la carretera.

Para estimar la capacidad en cada una de las secciones de la red de carreteras incluida en el modelo, se ha realizado un promedio de las capacidades según las diferentes

características dadas en cada sección, teniendo en cuenta los criterios del HMC, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 40. Capacidad para la red viaria según el tipo de ruta. Vehículos/hora

Característica	Capacidad por carril (Veh/hora)	Característica	Capacidad por carril (Veh/hora)
Tipo de Ruta		Velocidad	
1 Primaria	630	1 70 a 90 Km/hora	630
2 Secundaria	490	2 40 a 65 Km/hora	490
3 Terciaria	200	3 5 a 35 Km/hora	200
Tipo de Superficie		Visibilidad	
1 CARPETA ASFALTICA $\geq 4\text{cm}$	630	1 Visibilidad $< 50\%$ en el tramo	200
2 T.s.b múltiple, carpeta asf. $< 4\text{cm}$	630	2 Visibilidad $\geq 50\% \leq 69\%$ en el tramo	200
3 T.s.b simple base, estabilizada	560	3 Visibilidad $\geq 70\% \leq 79\%$ en el tramo	490
4 Lastre o grava	200	4 Visibilidad $\geq 80\% \leq 89\%$ en el tramo	560
5 Tierra mejorada, incluye piedra bruta	200	5 Visibilidad $> 90\% \leq 100\%$ en el tramo	630
9 Concreto	560		
Condición de la Superficie		Condición de las señales	
1 Superficie rueda muy deteriorada	200	1 No existe señalamiento	200
2 Sup. Ruedo muy irregular, baches extensos	200	2 Existen pocas señales	200
3 Superficie rueda con frecuentes baches	490	3 Señales en regular cantidad y ubicación	490
4 Superficie rueda lisa con pequeñas corrugaciones y baches	560	4 Faltan algunas señales para guiar al usuario	560
5 Superficie de rueda lisa	630	5 Señales adecuadas en número y ubicación	630
Alineamiento		Condición del drenaje	
1 Alineamiento muy sinuoso en el tramo, curvas $> 15/\text{km}$	200	1 El agua escurre por la calzada	200
2 Curvas frecuentes en el tramo, curvas $> 10 \leq 15/\text{km}$	200	2 Alcantarillas y cunetas inadecuadas	200
3 Alineamiento algo sinuoso con curvas cerradas, curvas $> 5 \leq 10$	490	3 Alcantarillas y cunetas no tienen capacidad hidráulica	200
4 Alineamiento con algunas curvas, curvas $> 2 \leq 5$	560	4 Alcantarillas y cunetas con aguas estancadas	490
5 Alineamiento recto con curvas suaves, $> 0 \leq 2$	630	5 Alcantarillas y cunetas buenas	630
Pendiente		Condición de la Estructura de Pavimento	
1 Pendiente en exceso del 7%	200	1 Corrugaciones o huellas profundas en casi toda la superficie de rueda	200
2 Pendiente entre 5% y 8%	200	2 Deformaciones y fallas considerables en casi todo el tramo, reparar	200
3 Pendiente entre 3% y 6% con rasante ondulada	490	3 Deformaciones y fallas considerables en una parte del tramo, de extensión	490
4 Pendiente menor 3% con algunas de 5%	560	4 Hay huellas o corrugaciones debajo superficie rueda, aisladas y cortas	560
5 Pendientes $< 3\%$ en el tramo	630	5 No hay evidencias de fallas en estructura del pavimento	630

Fuente: Elaboración propia

Así cada sección tiene 10 capacidades distintas según las clasificaciones indicadas en la tabla anterior, llegando a un valor estimado total por sección, como promedio de los 10 valores y multiplicado por el número total de carriles.

Por ejemplo, la ruta primaria 1, en una sus secciones tiene como capacidad promedio 651 vehículos/hora, según las siguientes capacidades por cada tipo de característica: 630 por tipo de ruta (primaria), 630 por tipo de superficie (1, carpeta asfáltica $\geq 4\text{cm}$), 490 por condición de la superficie (3, superficie ruedo con frecuentes baches), 630 por alineamiento (5, alineamiento recto con curvas suaves), 560 por pendiente (4, pendiente menor 3% con algunas de 5%), 630 por condición de las señales (5, señales adecuadas en número y ubicación), 630 por condición de drenaje (5, alcantarillas y cunetas buenas), 560 por condición de la estructura de pavimento (4, hay huellas o corrugaciones debajo superficie de ruedo, aisladas y cortas) y 630 por velocidad (1, 70 a 90 Km/hora).

Estas hipótesis de partida para datos de capacidad podrían variar en la etapa de calibración del modelo de demanda, si fuera necesario definir individualmente algunos segmentos de red según sus características geométricas específicas.

Igualmente, para la calibración posterior de los modelos de demanda (5.4 Modelo de Demanda) se requiere información sobre el tiempo de viaje y el coste medio de transporte a los usuarios, para poder estimar el coste generalizado de transporte para cada modo y cada par origen-destino.

Esta información fue descargada en el modelo en los campos correspondientes de la base de datos de la red de carretera, siguiendo las siguientes hipótesis de tarifa.

Tabla 41. Hipótesis de tarifa por usuario y modo

MODO		Tarifa
Pasajeros	Vehículo Privado (1)	56,3 Colones/Km
	Autobús (2)	26,3 Colones/Km
	Ferry (3)	44,5 Colones/Km

(1) Estimada a partir de las tarifas vigentes de hidrocarburos de la ARESEP y de la distribución de demanda de combustibles dados por la Refinería Costarricense de Petróleo - RECOPE

(2) Estimada a partir de los datos de distancia y tarifa autorizada de la ARESEP

(3) Estimada a partir de la tarifa autorizada por al ARESEP

Fuente: Elaboración propia

Las hipótesis de tarifa se refieren al costo percibido por el usuario, diferente del costo de operación, es decir, en vehículo privado el usuario percibe su tarifa en función de lo que le cuesta la gasolina y el peaje, y en transporte público en función de la tarifa que paga por viaje.

La tarifa media en vehículo privado se ha estimado a partir de un consumo medio por vehículo de 10 litros por 100 kilómetros y un coste medio por litro de carburante de 563 colones. El coste medio por litro de carburante se ha obtenido a partir de la siguiente información:

- Precio por tipo de combustible, dados por la ARESEP: Súper 587 colones, Plus 91, 562 colones y Diesel, 498 colones.
- Porcentaje de distribución de la demanda de combustibles, dados por la RECOPE: Súper 52,4%, Plus 91 29,1% y Diesel 18,5%.

Las hipótesis de tarifa por estación de peaje son las estipuladas por la ARESEP.

Tabla 42. Hipótesis de tarifa por estación de peaje

Estación de Peaje	Tarifa (Colones/Km)	Estación de Peaje	Tarifa (Colones/Km)
General Cañas		Próspero Fernandez	
Liviano	5,0	Liviano	5,1
Mediano	10,0	Mediano	10,2
Buses	10,0	Buses	10,2
Furgones	16,7	Furgones	17,0
Motos	3,3	Motos	3,4
Bernardo Soto		Braulio Carrillo	
Liviano	3,7	Liviano	3,9
Mediano	9,2	Mediano	11,8
Buses	9,2	Buses	5,9
Furgones	23,3	Furgones	29,5
Motos	1,2	Motos	0,8
Florencio del Castillo			
Liviano	5,3		
Mediano	10,6		
Buses	10,6		
Furgones	17,7		
Motos	3,5		

Fuente: Autoridad Reguladora de Servicios Públicos - ARESEP

La tarifa media para pasajeros en autobús se ha estimado como un promedio de tarifa vigente autorizada por la ARESEP, según la distancia correspondiente para las rutas prestadas a nivel nacional, tanto urbanas como interurbanas.

Igualmente para la línea del ferry, la tarifa autorizada por la ARESEP es de 810 colones, y con una distancia de 18,2 kilómetros, se estima en 44,5 colones/km su tarifa media.

La red de autobús se proyecta sobre la misma red de carreteras, indicando con los atributos correspondientes a las rutas de autobús, la estructura común de datos para todas las rutas, que se caracterizan con una cierta cantidad de información que como

mínimo se requiere para poder realizar posteriormente la etapa de reparto modal del escenario actual, y partiendo de la información de oferta suministrada por la ARESEP, es la siguiente:

Tabla 43. Estructura de la base de datos dentro del modelo. Red de autobús

CAMPO	DESCRIPCIÓN
Route_ID	Número del objeto generado por TransCAD
Route_Name	Nombre de la ruta de autobús, se corresponde con el número asignado por el MOPT
Distancia	Longitud de la línea (km)
TIEMPO_TP	Viene de la red vial de carreteras (Minutos)
Tarifa 2010	Tarifas vigentes por línea para el 2010 dadas por la ARESEP (Colones)
Coste 2010	Estimado con los datos de tarifa y distancia del 2010 (Colones/Km)

Fuente: Elaboración propia

La red de autobús incluye las dos líneas urbanas de ferrocarril con sus respectivos atributos. Las hipótesis de explotación definidas para estas líneas en el escenario actual, se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 44. Hipótesis de explotación. Líneas de ferrocarril

RUTAS LINEAS URBANAS	Velocidad media (km / h)	Tarifa media Pasajeros (Colones / Km)
Pavas - San Pedro ⁽¹⁾	14,5	26,6
San José - Heredia	25,1	26,5

(1) A partir de la información del último ajuste tarifario de la ARESEP, estimadas como promedio en la velocidad de los dos tipos de tren utilizados y en la tarifa de las tres tarifas estipuladas según los tramos indicados.

Fuente: Elaboración propia

La velocidad media y la tarifa para la línea San José – Heredia se han extraído de la resolución de la ARESEP RRG-9768 del año 2009. La tarifa media se ha estimado a partir de la máxima fijada de 350 Colones, que con un recorrido de 13,23 kilómetros, da como resultado 26,5 Colones/Km.

Para la línea Pavas – San Pedro, las hipótesis se han estimado a partir de la información incluida en la resolución de la ARESEP RRG-8873 del año 2008, así:

- Se realiza la operación con dos tipos de trenes, Apolo y Convencional, con una velocidad comercial promedio de 15,32 y 13,66 Km/h respectivamente.
- Las tarifas tope por trayecto, con su respectiva distancia de recorrido son las siguientes:

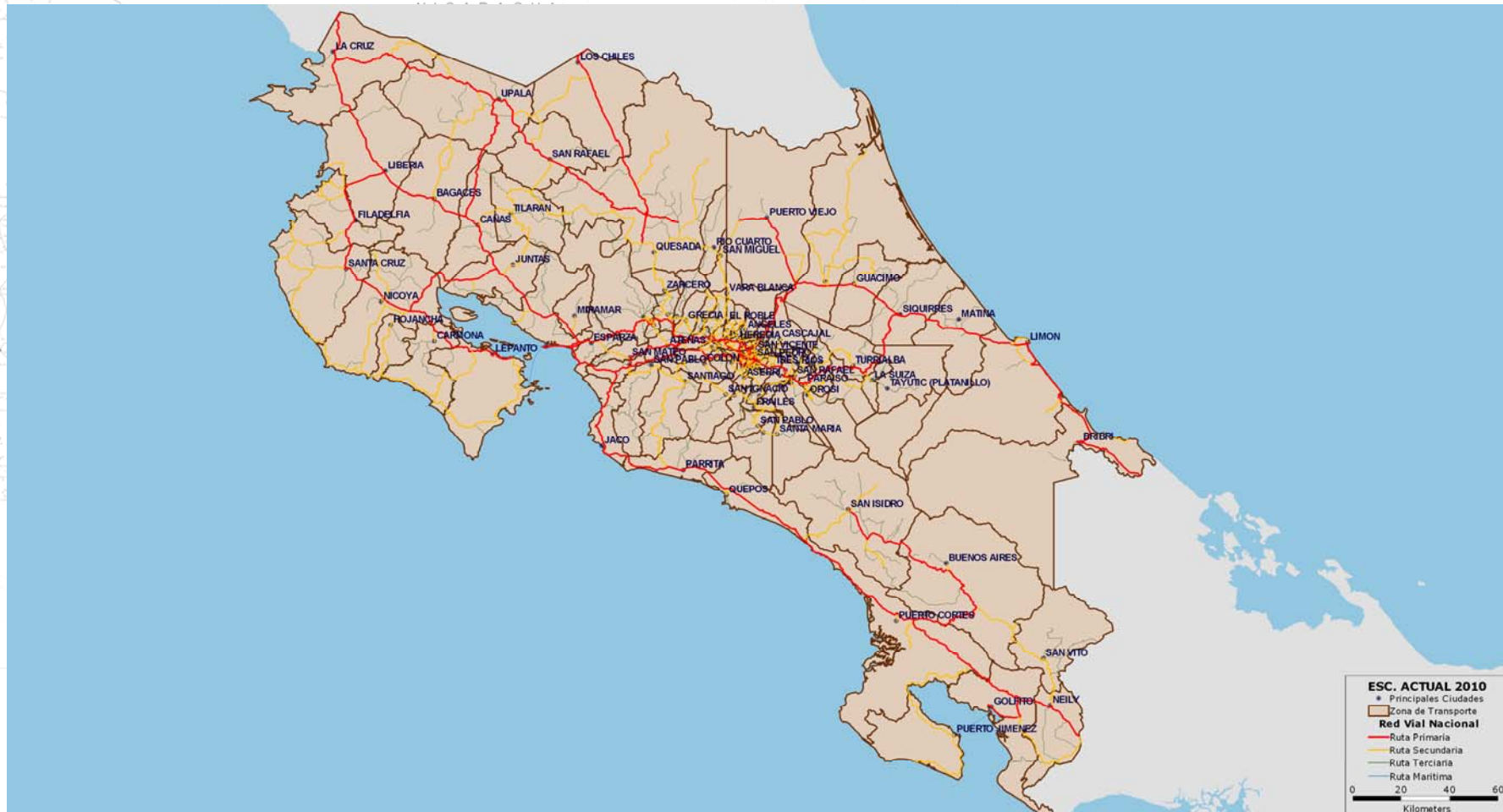
Tramo	Tarifa tope (Colones)	Distancia (Km)
Universidad Latina – Estación del Pacífico	200	6,1
Estación del Pacífico – Metrópoli III	200	9,5
Universidad Latina – Metrópoli III	400	15,5

Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos - ARESEP

Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

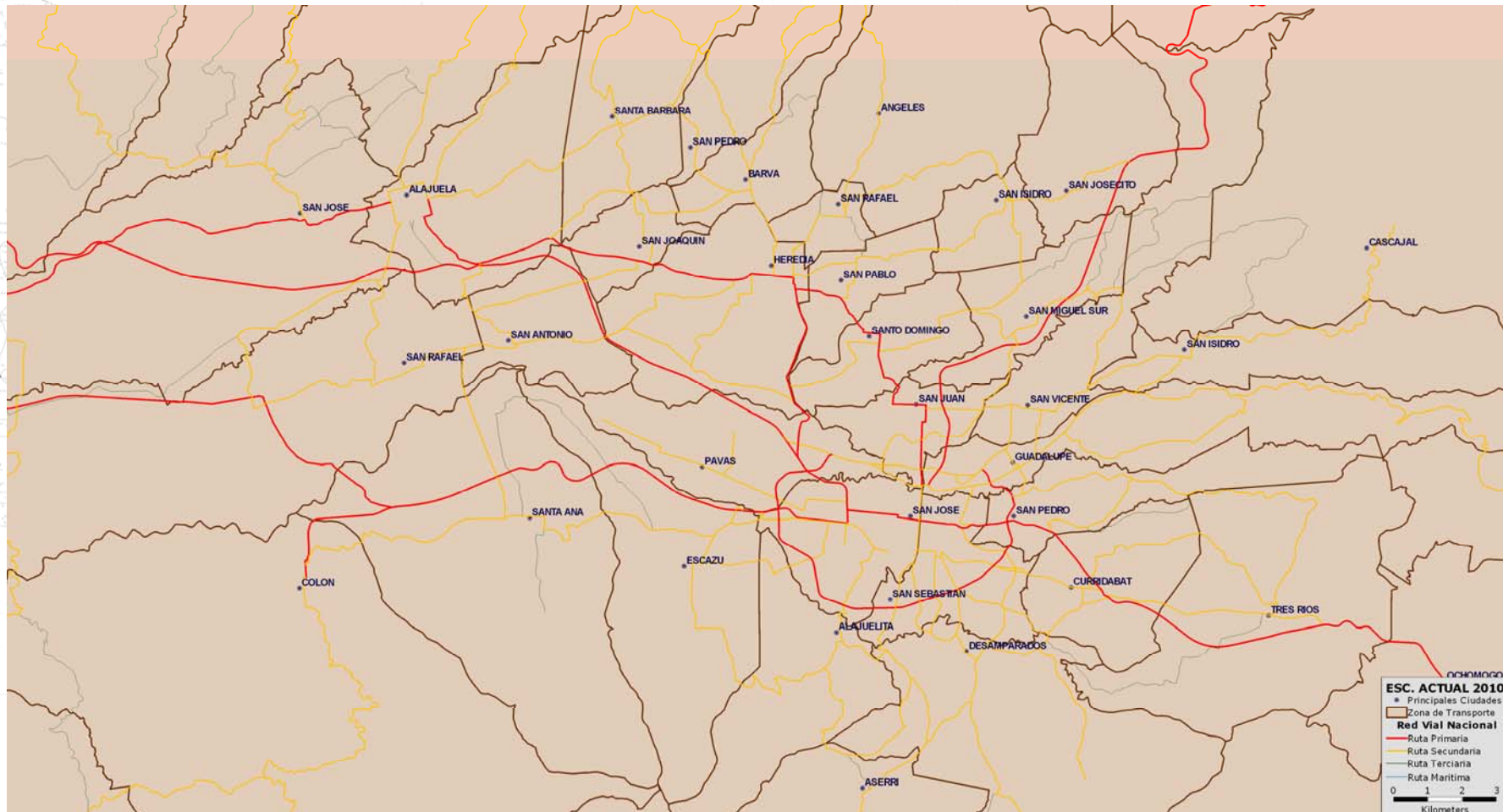
Los siguientes mapas, se corresponden con la red de carreteras en vehículo privado y en autobús.

Figura 23. Red de carretera. Situación actual



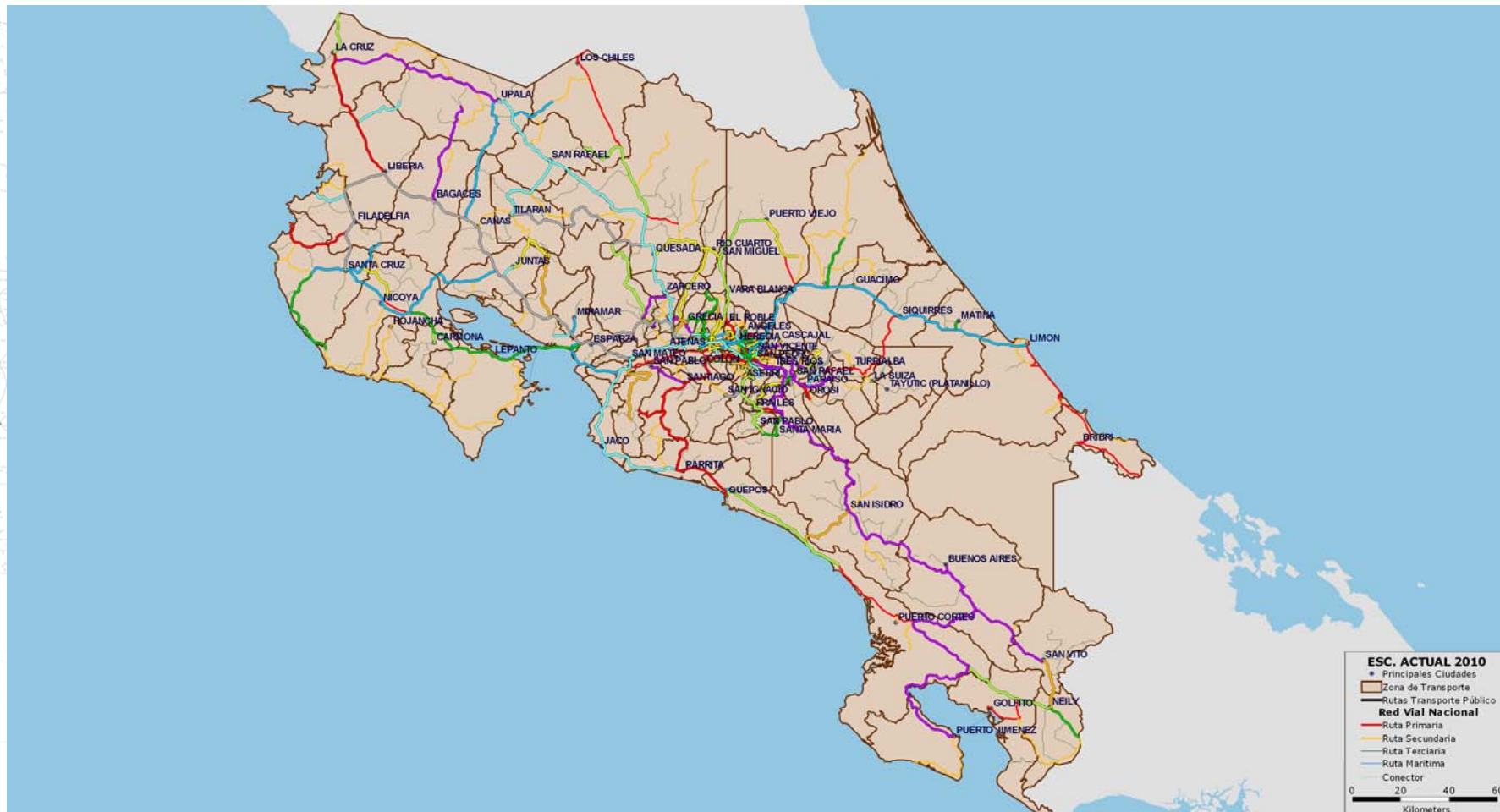
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 24. Red de carretera. Situación actual. Detalle



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 25. Red de Transporte Público. Situación actual.

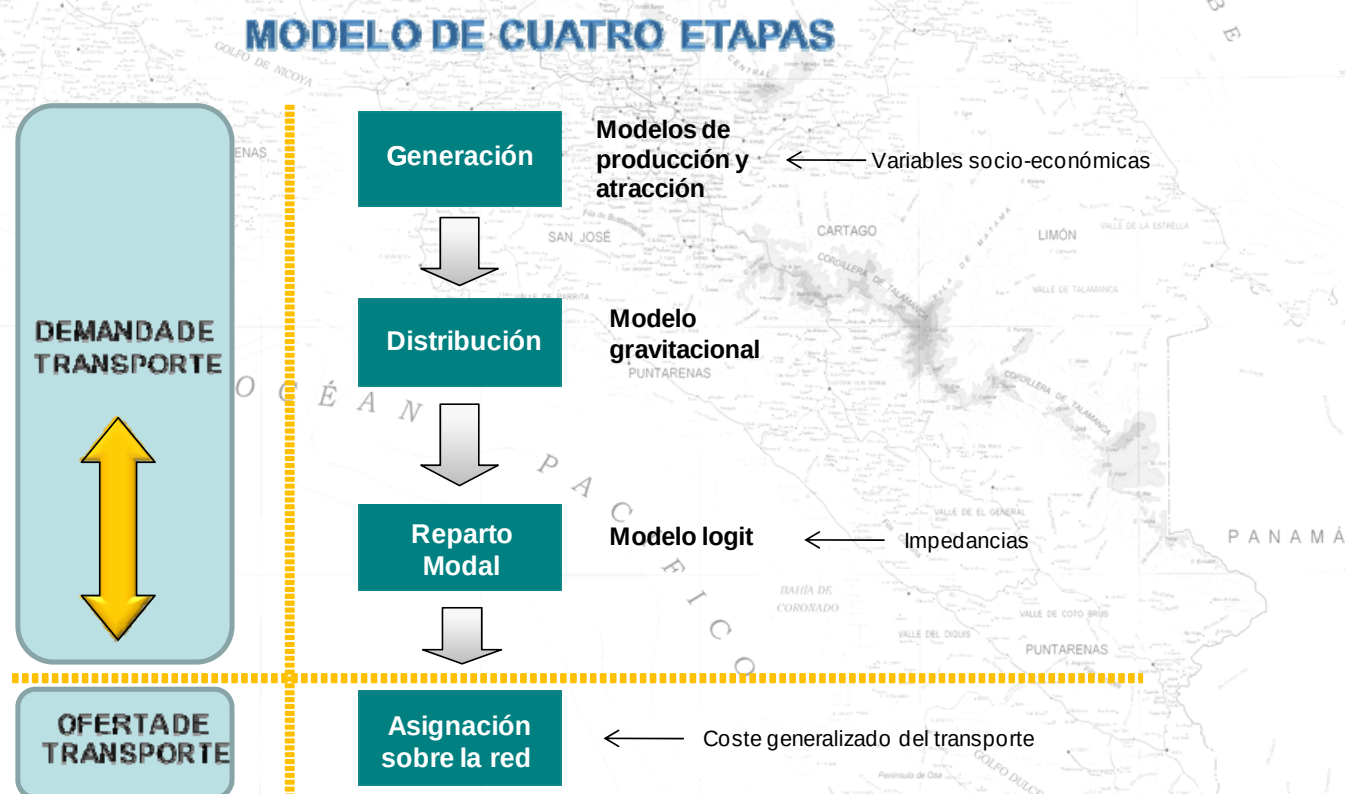


Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

5.4. Modelo de Demanda

El objetivo de esta fase es desarrollar un modelo o un conjunto de modelos diseñados fundamentalmente como expresiones matemáticas para explicar los viajes que se están produciendo actualmente y los que se producirán en el futuro entre cada par de zonas "i" y "j", para un modo determinado "m" y con un itinerario determinado de acuerdo en función de los datos de actividad socio-económica de las zonas "i" y "j" y de los costos de transporte entre "i" y "j", tanto en el modo "m" como en el resto de los modos según las condiciones de tráfico de cada segmento de red.

Para la estimación de los viajes que tendrán lugar en los diferentes escenarios dentro del área de este estudio, se utilizará un modelo secuencial de cuatro etapas, siguiendo un esquema similar al siguiente:



La demanda de transporte puede ser explicada a través de varios modelos:

- Modelo de generación de viajes
- Modelo de distribución de viajes

- Modelo de reparto modal
- Modelo de asignación

Aceptando que durante la elección del viaje, el usuario decide secuencialmente y sin interrelaciones:

- 1) Viajar o no viajar
- 2) A donde se dirige
- 3) Qué modo de transporte utilizar
- 4) Que itinerario escoger

En los capítulos siguientes se describen las metodologías que se siguieron en cada uno de los modelos mencionados anteriormente.

5.4.1. Generación

A continuación se expone la primera de las etapas en la modelización de la demanda, ya comentadas anteriormente.



En la etapa de generación se estiman los viajes producidos y atraídos por cada zona de transporte mediante el ajuste de modelos de regresión espacial multilínea, que explican la movilidad global del año base basándose en variables socioeconómicas simples.

En este planteamiento se basa la prognosis de la movilidad futura, asumiendo la hipótesis de que dicho modelo seguirá siendo válido en años futuros, mediante la estimación del crecimiento de las variables explicativas de la movilidad (mucho más sencillas de estimar a futuro que la movilidad).

La estimación futura de la movilidad así entendida evita distorsiones en la prognosis al basarse en el crecimiento de variables no correlacionadas entre sí.

El objetivo fundamental de esta fase consiste, por tanto, en desarrollar una herramienta de prognosis formada por expresiones matemáticas que relacionan una serie de variables explicativas de la movilidad, de manera que sea posible calcular los viajes totales

(producidos/atraídos) por cada zona de transporte. Se efectuó un análisis de regresión para los viajes producidos y otro para los viajes atraídos, debido a que no hay simetría en el total de los viajes (producidos/atraídos) en las matrices O/D del año 2010.

Los modelos de generación de viajes a utilizar, en este caso, serán modelos de regresión lineal desarrollados a partir de la información socioeconómica.

La elección de las variables explicativas a incluir en el análisis estadístico de regresión lineal depende, en primer lugar, de la disponibilidad de información de la zona en estudio.

A continuación se enumeran las variables socioeconómicas disponibles a incluir en el análisis:

- Población: número de habitantes por distritos, serie 2002-2008, proyectado al 2010 y agregado por zonas de transporte.
- Densidad de población: variable obtenida como resultado de calcular para cada zona "j" en el año 2010:

$$Densidad_j = \frac{Población_{j,2010}}{Área_j} \text{ (Habitantes/km}^2\text{)}$$

- Empleo: número de ocupados por distritos, serie 2002-2008, proyectado al año 2010 y agregado por zonas de transporte.
- Desocupados: número de desocupados por distritos, serie 2002-2008, proyectado al año 2010 y agregado por zonas de transporte.
- Motorización: número de vehículos automotores para todos los tipos, serie 2002-2008, proyectado al año 2010 y agregado por zonas de transporte.
- Motorización de automóviles: número de automóviles, serie 2002-2008, proyectado al año 2010 y agregado por zonas de transporte.
- Índice de Motorización: variable obtenida como resultado de calcular para cada zona "j" según el número de automóviles en el año 2010:

$$Motorización_j = \frac{Automóviles_{j,2010} * 1000}{Población_{j,2010}} \text{ (Vehículos/1000habitantes)}$$

- Vivienda: número de viviendas por distrito, serie 2002-2008, proyectado al año 2010 y agregado por zonas de transporte.
- Empresas: número de empresas por distrito para el año 2008, proyectadas al año 2010 y agregado por zonas de transporte.

En la siguiente tabla se muestran las variables finalmente utilizadas tras el análisis multicriterio que se expone más adelante.

Tabla 45. Variables utilizadas agregadas por zonas de transporte. Año 2010

Zona de Transporte	Población	Índice de motorización	Empresas
1	126.605	154	2.426
2	118.890	157	3.912
3	120.931	247	3.103
4	62.730	252	1.466
5	218.943	158	1.138
6	11.282	120	61
7	34.054	119	153
8	17.086	86	116
9	42.021	133	78
10	16.683	91	32
11	25.306	151	165
12	136.637	183	1.596
13	41.568	211	803
14	85.088	88	82
15	46.685	220	499
16	18.932	140	85
17	21.746	66	44
18	84.668	213	990
19	58.025	280	855
20	57.969	336	1.678
21	5.691	78	22
22	7.758	116	50
23	72.270	249	944
24	146.644	105	1.680
25	13.835	81	38
26	48.853	126	129
27	86.981	184	316
28	89.868	189	2.290
29	37.438	133	80
30	2.969	80	14
31	80.549	145	1.122
32	10.086	81	52
33	67.833	182	1.083
34	6.120	120	34
35	26.013	182	170
36	44.373	132	648
37	34.724	166	249
38	29.638	147	148
39	18.579	98	133

Zona de Transporte	Población	Índice de motorización	Empresas
40	158.087	97	2.156
41	12.871	157	186
42	19.153	164	192
43	46.515	27	136
44	24.948	27	76
45	15.730	35	52
46	41.097	135	79
47	10.921	129	32
48	48.759	201	1.665
49	44.678	149	186
50	10.120	70	43
51	51.974	105	136
52	10.468	90	32
53	94.657	154	308
54	16.477	56	22
55	10.818	72	23
56	16.600	28	13
57	54.005	116	928
58	14.428	77	52
59	3.060	60	11
60	43.159	127	135
61	10.918	77	29
62	29.900	143	119
63	122.889	198	2.486
64	838	107	35
65	14.800	161	61
66	23.735	216	89
67	14.880	232	93
68	25.600	266	270
69	31.496	183	150
70	3.154	172	14
71	12.673	198	77
72	31.425	177	130
73	7.956	190	35
74	10.786	178	66
75	23.294	233	459
76	17.998	249	198
77	24.310	226	83
78	56.957	49	163
79	58.436	104	1.126
80	49.771	83	355
81	48.480	93	522
82	19.136	96	98
83	33.611	72	233
84	29.118	84	179
85	19.046	78	104
86	21.148	136	183
87	11.643	58	100
88	20.879	41	57
89	7.575	84	65
90	22.895	68	161

Zona de Transporte	Población	Índice de motorización	Empresas
91	100.982	68	936
92	28.298	110	172
93	49.574	41	101
94	12.996	116	86
95	30.793	56	236
96	24.941	87	827
97	7.483	44	98
98	33.837	59	197
99	49.220	61	135
100	14.517	76	165
101	46.069	75	152
102	13.858	105	711
103	110.854	71	1.290
104	126.997	74	1.241
105	63.429	50	165
106	33.659	31	155
107	41.688	36	63
108	42.945	56	85

Fuente: Elaboración propia

A. Modelos de regresión

Definición

Un modelo de regresión lineal es una herramienta matemática que sirve para explicar la relación entre una variable dependiente "Y" (en este caso los valores para cada zona de los viajes en el año 2010), las variables independientes "Xi" (en este caso las variables socioeconómicas definidas anteriormente) y un término aleatorio ε . Este modelo puede ser expresado mediante la ecuación siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \dots + \beta_p * X_p + \varepsilon$$

donde β_0 es la intersección de la recta con el eje de ordenadas o término "constante", las β_i son los parámetros correspondientes a cada variable independiente, y "p" es el número de variables independientes que explican la variable dependiente "Y".

Descripción de la metodología seguida

Para la realización de este análisis estadístico, se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), que permite analizar el conjunto de los datos y variables disponibles en el modelo. Así, se llevará a cabo el ajuste de modelos de regresión lineal con procesos iterativos comprobando la bondad de las ecuaciones resultantes y fiabilidad real de las mismas (valor del coeficiente de correlación múltiple R^2 ,

existencia o no de colinealidad entre variables, grado de reducción que se obtiene en el error típico de los residuos al incorporar una variable, criterios de significación, criterio de tolerancia, etc.).

Existen diferentes métodos para seleccionar las variables independientes que debe incluir el modelo de regresión, y que serán utilizados en el análisis:

- **Inclusión.** Este método construye la ecuación de regresión utilizando todas las variables seleccionadas en la lista de independientes de un solo paso.
- **Exclusión.** Elimina en un solo paso todas las variables de la lista de independientes y ofrece los coeficientes de regresión que corresponderían a cada variable en el caso de que pasaran a formar parte de la ecuación de regresión.

El resto de métodos de selección de variables son métodos “por pasos”, es decir, métodos que van incorporando o eliminando variables paso a paso dependiendo de que estas cumplan o no los criterios de selección:

- **Hacia delante.** Las variables se incorporan al modelo de regresión una a una. En el primer paso se selecciona la variable independiente que, además de superar los criterios de entrada, más alto correlaciona con la dependiente. En los siguientes pasos se utiliza como criterio de selección el coeficiente de correlación parcial. La selección de variables se detiene cuando no quedan variables que superen el criterio de entrada.
- **Hacia atrás.** Comienza incluyendo en el modelo todas las variables seleccionadas en la lista de independientes y luego procede a eliminarlas una a una. La primera variable eliminada es aquella que, además de cumplir los criterios de salida, posee el coeficiente de regresión más bajo en valor absoluto. En cada paso sucesivo se van eliminando las variables con coeficientes de regresión no significativos, siempre en orden inverso al tamaño de su nivel crítico. La eliminación de variables se detiene cuando no quedan variables en el modelo que cumplan los criterios de salida.
- **Pasos sucesivos.** Este método es una especie de mezcla de los métodos hacia delante y hacia atrás. Comienza seleccionando la variable independiente que, además de superar los criterios de entrada, más alto correlaciona con la variable dependiente. A continuación selecciona la variable independiente que, además de superar los criterios de entrada, posee el coeficiente de correlación parcial más alto. Cada vez que se incorpora una nueva variable al modelo, las variables previamente seleccionadas son evaluadas nuevamente para determinar si siguen cumpliendo o

no los criterios de salida. El proceso se detiene cuando no quedan variables que superen los criterios de entrada y las variables seleccionadas no cumplen los criterios de salida.

Para la elección de la ecuación que permita una mejor modelización de la movilidad se considera conveniente la realización de un análisis multicriterio.

B. Análisis multicriterio de los modelos

Este análisis se plantea como herramienta en la elección del mejor modelo para la estimación de las matrices futuras de movilidad, dado que la bondad en el ajuste no viene sólo determinada por el valor que alcance R^2 , sino también de otros factores que es preciso tener en cuenta.

Para cada modelo (producidos/atraídos) se han escogido los diez modelos que mejores resultados ofrecen para formar una matriz de valoraciones bajo los siguientes criterios:

- Valor de R^2 : expresa la proporción de varianza de la variable dependiente que está explicada por la variable independiente. Su valor varía entre 0 y 1, siendo mayor cuanto mejor ajuste ofrezca la ecuación resultante. La puntuación bajo este criterio se ha realizado asignando 5 puntos al caso hipotético de $R^2=1$ y 1 punto a $R^2=0$; los valores intermedios se han puntuado por interpolación lineal entre éstos.
- Coeficientes negativos: la presencia de coeficientes de regresión negativos en las ecuaciones obtenidas, aunque matemáticamente sea posible y el ajuste sea bueno, puede ocasionar que los resultados que se obtengan de aplicar esas ecuaciones sean incoherentes o carezcan de sentido en la realidad. La puntuación bajo este criterio se ha realizado calificando con 5 puntos si todos sus coeficientes son positivos y con 1 punto si existe alguno negativo.
- Dispersión de los valores observados frente a estimados en el año base (2010): cuanto menor sea la dispersión de la nube de puntos que representan pares de valores observado-estimado, mejor ajuste proporcionará el modelo de regresión utilizado en la estimación. La puntuación bajo este criterio se ha realizado desde muy malo (1 punto) hasta muy bueno (5 puntos).

En las páginas siguientes se presentan las dos matrices de valoración multicriterio que se han utilizado para la elección de los modelos de regresión, en las que se resalta la ecuación seleccionada en cada caso. A continuación se recoge la nomenclatura abreviada utilizada para cada variable:

Población	Pob
Vivienda	Viv
Ocupación	Ocup
Desempleo	Desem
Empresas	Emp
Motorización total	Mot_TOTAL
Motorización automóviles	Mot_AUTO
Índice de motorización	Ind_MOT

C. Modelo de generación de viajes producidos y viajes atraídos

Según el criterio anteriormente descrito se plantea el análisis comparativo por el cual se determina el modelo de viajes más adecuado tanto para los viajes producidos como los atraídos.

En las páginas siguientes puede verse el análisis multicriterio comparativo para cada modelo, de donde resultan los siguientes modelos de viajes:

- **Viajes Producidos:**

$$\text{Movilidad} = 0,66 * \text{Población} + 106,54 * \text{ÍndiceDeMotorización}$$

- **Viajes Atraídos:**

$$\text{Movilidad} = 77,36 * \text{Empresas}$$

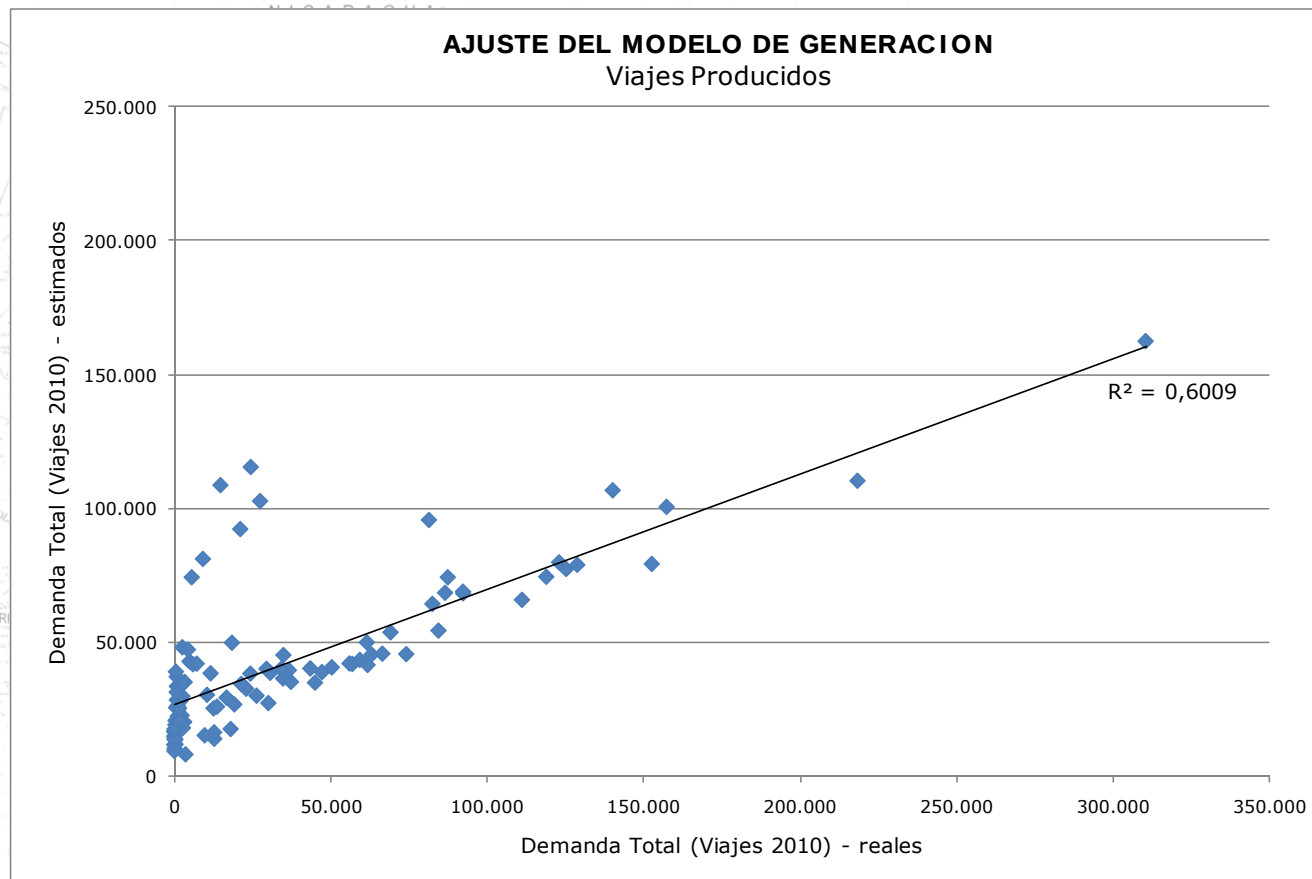
Adicionalmente, los siguientes gráficos de dispersión representan el ajuste de la demanda estimada sobre la real.

Tabla 46. Análisis multicriterio del modelo de viajes producidos

MODELO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Variables	Viv	Constante	Constante	Pob	Ocup	Pob	Constante	Constante	Constante	Viv
	Ocup	Pob	Pob	Mot_TOTAL	Emp	Ind_MOT	Pob	Mot_TOTAL	Pob	Ind_MOT
	Desem	Mot_TOTAL	Mot_TOTAL		Ind_MOT		Ind_MOT	Ind_MOT	Desem	
	Mot_TOTAL		Emp					Hab_Viv	Mot_TOTAL	
Coefficientes	-0,29	109,15	-3.412,63	-0,22	0,24	0,66	-39.915,00	-64.268,80	4.627,25	2,42
	0,62	-1,01	-0,07	4,63	24,80	106,54	0,81	3,84	0,00	93,56
	-8,87	4,91	6,01		178,93		315,40	81,20	-6,27	
	4,11		-35,23					14.612,06	4,04	
R²	0,83	0,75	0,83	0,82	0,56	0,68	0,65	0,75	0,75	0,69
Coefficientes Negativos	si	si	si	si	no	no	si	si	si	no
Dispersión Observada Vs. Estimado en el año base	bueno	bueno	bueno	bueno	malo	bueno	bueno	bueno	bueno	medio
PUNTUACIÓN TOTAL	6,66	6,49	6,65	6,64	6,12	8,35	6,30	6,49	6,51	7,37

Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Ajuste del modelo de generación de viajes producidos.



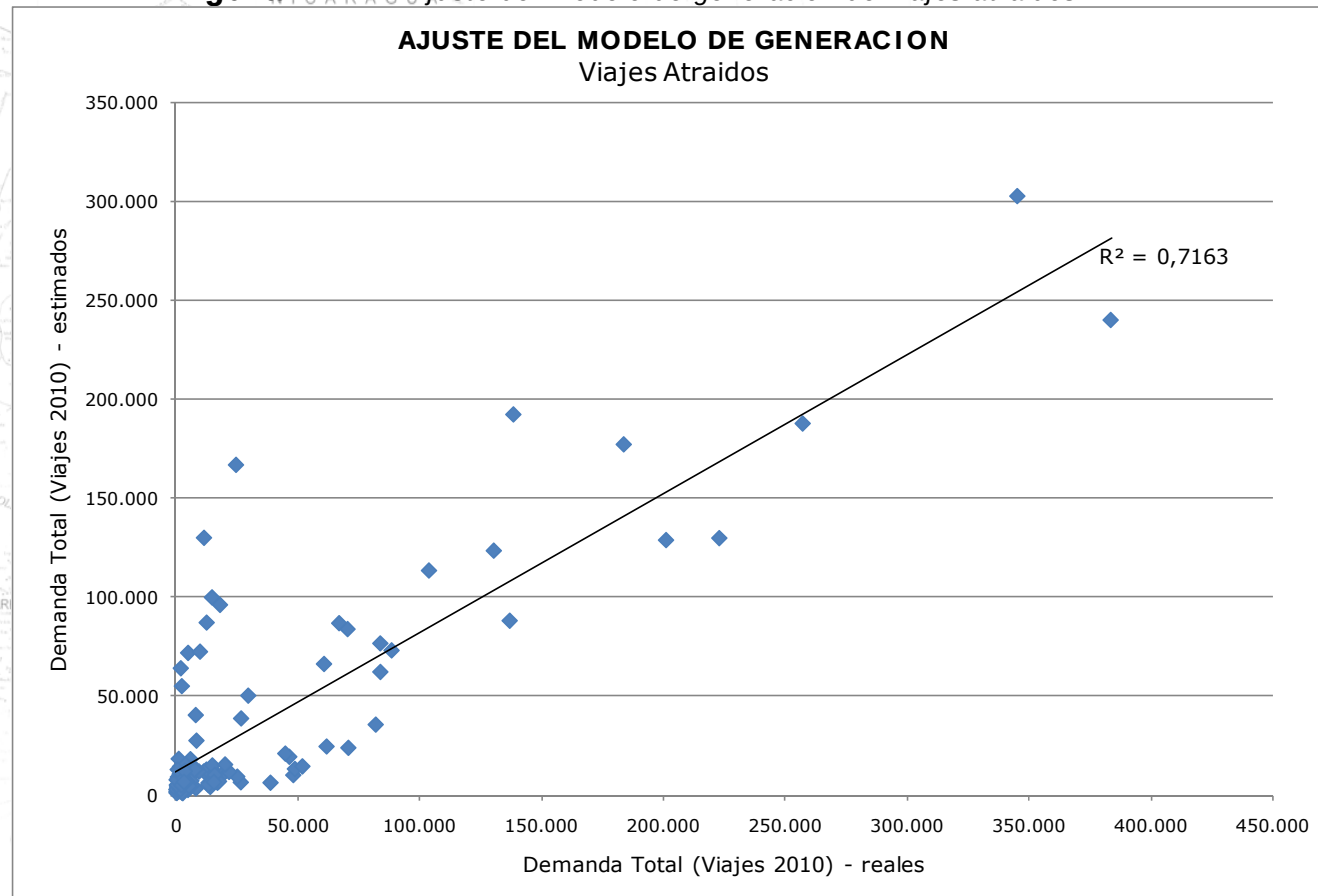
Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Análisis multicriterio del modelo de viajes atraídos

MODELO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Variables	Emp	Emp	Emp	Pob	Emp	Ocup	Ocup	Ocup	Viv	-
	Viv	Ocup	Mot_auto	Emp	Ind_MOT	Mot_Auto	Ind_MOT	Viv	Emp	Emp
								Emp	Ind_MOT	
Coeficientes	84,90	83,39	56,17	-0,17	71,15	-1,10	-0,16	-0,48	-1,03	
	-0,46	-0,41	2,33	87,10	59,37	8,78	343,47	0,17	83,94	77,36
								81,68	98,78	
R ²	0,78	0,78	0,79	0,78	0,78	0,73	0,38	0,78	0,79	0,77
Coeficientes Negativos	si	si	no	si	no	si	si	si	si	no
Dispersión Observada Vs. Estimado en el año base	medio	medio	medio	medio	medio	malo	muy malo	bueno	medio	bueno
PUNTUACIÓN TOTAL	5,56	5,56	7,59	5,56	7,56	4,46	2,77	6,56	5,59	8,55

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Ajuste del modelo de generación de viajes atraídos.



Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Distribución

El objetivo de esta etapa es distribuir los viajes generados estimados en la etapa anterior por zonas origen y destino conformando así las matrices de demanda.



La metodología utilizada para este paso es por medio de un modelo Fratar para la construcción de matrices futuras a partir de los datos de generación estimados.

Este método es habitualmente utilizado para la estimación de matrices completas cuando se conoce la de partida. Se basa en la estimación de una nueva matriz que respete la restricción de los viajes totales generados en cada área.

Es decir, para la situación futura las modificaciones de las pautas de movilidad serán las mínimas posibles según las previstas de la matriz de partida.

5.4.3. Reparto Modal

El objetivo de esta etapa es determinar, para cada par de zonas O/D de la matriz global de viajes, cuántos se realizan en cada modo mediante la construcción de modelos que responden a formulaciones de tipo Logit y que reproducen la elección de modo del usuario.

Tomando como referencia los datos de matrices origen/destino del año 2010 para cada uno de los modos de transporte considerados (vehículo privado y transporte público), se construye el modelo de reparto modal en base a la segmentación de la demanda de la situación actual.



Se plantean formulaciones de forma incremental tipo Logit incremental con dos elecciones de modo partiendo de la matriz global de viajes origen-destino para el año base (2010) según el siguiente esquema:



Como se mencionó anteriormente, para este caso, el proceso de elección de modo para un determinado viaje en los escenarios futuros, viene dado por la forma incremental de un modelo de elección modal logit multinomial, de manera que la formulación genérica de los modelos de tipo Logit adopta la forma:

$$P_{MODEi_f} = \frac{P_{MODEi_o} * \exp(\Delta U_{MODEi})}{\sum_i P_o * \exp(\Delta U)}$$

Donde:

P_{MODEi_f} = probabilidad de elegir el modo "i" en el escenario futuro "f"

P_{MODEi_o} = probabilidad del modo "i" en el escenario actual "o"

ΔU_{MODEi} = variación de la utilidad generada por los incrementos de tiempos y costes en los escenarios futuros

$$\Delta U_{MODEi} = U_f - U_o = \beta((C_f - C_o) + VOT * (T_f - T_o))$$

U_f = utilidad del escenario futuro

U_o = utilidad del escenario actual

$$C_f = \text{coste del escenario futuro} = (Tarifa_{MODEi_f} + Tarifa_{PEAJE_f}) * Distancia_f$$

$$C_o = \text{coste del escenario actual} = (Tarifa_{MODEi_o} + Tarifa_{PEAJE_o}) * Distancia_o$$

T_f = tiempo del escenario futuro

T_o = tiempo del escenario actual

VOT = valor del tiempo

β = constante

Hipótesis consideradas en la modelización del reparto modal:

Atendiendo a las tarifas las hipótesis consideradas para el escenario actual son las que se indican en el apartado 5.3.1 Modo Carretera y son las siguientes:

Tabla 48. Hipótesis de tarifa por modo

Tarifa (colones / Km)		
Vehículo Privado (1)	Bus (2)	Ferry (3)
56,3	26,3	44,5

(1) Estimada a partir de las tarifas vigentes de hidrocarburos de la ARESEP y de la distribución de demanda de combustibles dados por la Refinería Costarricense de Petróleo - RECOPE

(2) Estimada a partir de los datos de distancia y tarifa autorizada de la ARESEP

(3) Estimada a partir de la tarifa autorizada por al ARESEP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Hipótesis de tarifa por peaje

Tarifa (Colones / Km)	
General Cañas	5,0
Bernardo Soto	3,7
Florencio del Castillo	5,3
Próspero Fernandez	5,1
Braulio Carrillo	3,9

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos - ARESEP

La calibración del modelo de reparto modal da como resultado un valor del coeficiente β de -0,0005, con un VOT de 29,98 Colones/minuto.

Valor del tiempo:

Para la estimación del valor del tiempo en un modelo de elección discreta es necesario realizarlo con datos empíricos obtenidos a partir de encuestas sobre una muestra adecuada de los usuarios de la infraestructura evaluada (encuestas de preferencia declaradas).

En la práctica, no es habitual realizar este tipo de encuestas por el tiempo y el coste que lleva este tipo de campañas para gran parte de este tipo de estudios de transporte, y por tanto es común el uso de valores estimados como una proporción de la renta.

Según las recomendaciones del Departamento de Transportes del Reino Unido (Department of Transport, 1987), el valor del tiempo de trabajo es igual al ingreso bruto por hora del viajero, incluyendo todos los costes adicionales para el empresario.

Por tanto en este caso se ha estimado el valor del tiempo a partir de la siguiente ecuación y las siguientes hipótesis:

- $$VOT = \frac{\text{Ingreso Bruto Anual}}{\text{Promedio Horas Semanales} * 52 * 60} = 29,98 \text{ Colones / minuto}$$
- Ingreso Bruto Anual = 350.144 Colones/mes = 4.201.728 Colones/año (Fuente: INEC)
- Promedio Horas Semanales = 44,92 horas, en el empleo principal (Fuente: INEC)
- 52 semanas/año
- 60 minutos/hora

5.4.4. Asignación

La asignación de la matriz origen-destino (demanda) en la red (oferta) es el cuarto paso del modelo clásico, que consiste en asignar los viajes existentes entre cada par de zonas de origen/destino entre los posibles caminos a través de la red definida propuesta que intenta minimizar el coste generalizado de todos los usuarios.



La matriz que se asigna se corresponde con la matriz de vehículos privados, a partir de la matriz de viajes (tabla 2.1.1. del anexo estadístico adjunto) y considerando el ratio de ocupación medio (1,95 viajeros/vehículo) resultante del plan de investigación directa.

El método de cálculo elegido para el caso de los viajeros por carretera (Vehículo Privado) se denomina "equilibrio del usuario". Este método es un proceso iterativo en el que las condiciones de funcionamiento de la red (duración de la ruta en cada arco) dependen de los volúmenes de tráfico asignados a cada arco en la iteración o iteraciones anteriores.

En cada iteración, que afecta la matriz completa de los viajes se cambia sucesivamente el tiempo de la ruta del viaje, que se vuelve a calcular en cada iteración a partir de una

función de demora. El proceso termina cuando se llega al punto de equilibrio, es decir, cuando ningún usuario de la red puede mejorar su costo generalizado por cambiar la ruta.

El coste generalizado entre dos zonas "i" y "j" está definido por la siguiente ecuación:

$$CG_{ij} = C_{ij} + VOT * t_{ij}$$

En donde,

- C_{ij} , es el coste por utilización de la red de transporte entre las zonas "i" y "j", en Colones.
- VOT, es el valor del tiempo, en Colones/minuto.
- T_{ij} , es el tiempo de recorrido por la red de transporte entre las zonas "i" y "j", en minutos.

El término correspondiente a la función de demora utilizado, que, a su vez, refleja la restricción de la capacidad de cada arco que se genera por el flujo de tráfico existente en cada iteración, responde a la fórmula siguiente:

$$2 + \sqrt{\alpha^2 \left(1 - \frac{x}{C}\right)^2 + \beta^2} - \alpha \left(1 - \frac{x}{C}\right) - \beta$$

Teniendo en cuenta que:

- C, es la capacidad de arco i
- x, es el flujo en el arco i
- α , constante
- β , constante, dependiente de α , $\beta = \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2}$

Este método ha sido implementado en TransCAD por un proceso llamado "Multimodal Multi-Class Assignment", que permite la asignación de la matriz correspondiente a los vehículos privado, considerando el VOT.

El proceso de calibración del modelo de asignación consiste en ajustar las constantes de la función de demora, anteriormente expuestos, de manera que se minimice las diferencias

entre los volúmenes de tráficos reales y simulados, en los puntos de aforo del plan de información directa.

Esta función se ha ajustado a la situación actual durante el proceso de calibración con los valores de las constantes α y β de 1,1 y 6, respectivamente.

Igualmente luego del ajuste, los valores de flujos estimados para la totalidad de los puntos de aforo son de 393.479 vehículos privados, que comparados con los flujos reales tomados en el plan de información directa de 363.808 vehículos privados, se obtiene un índice global de ajuste de 1,08.

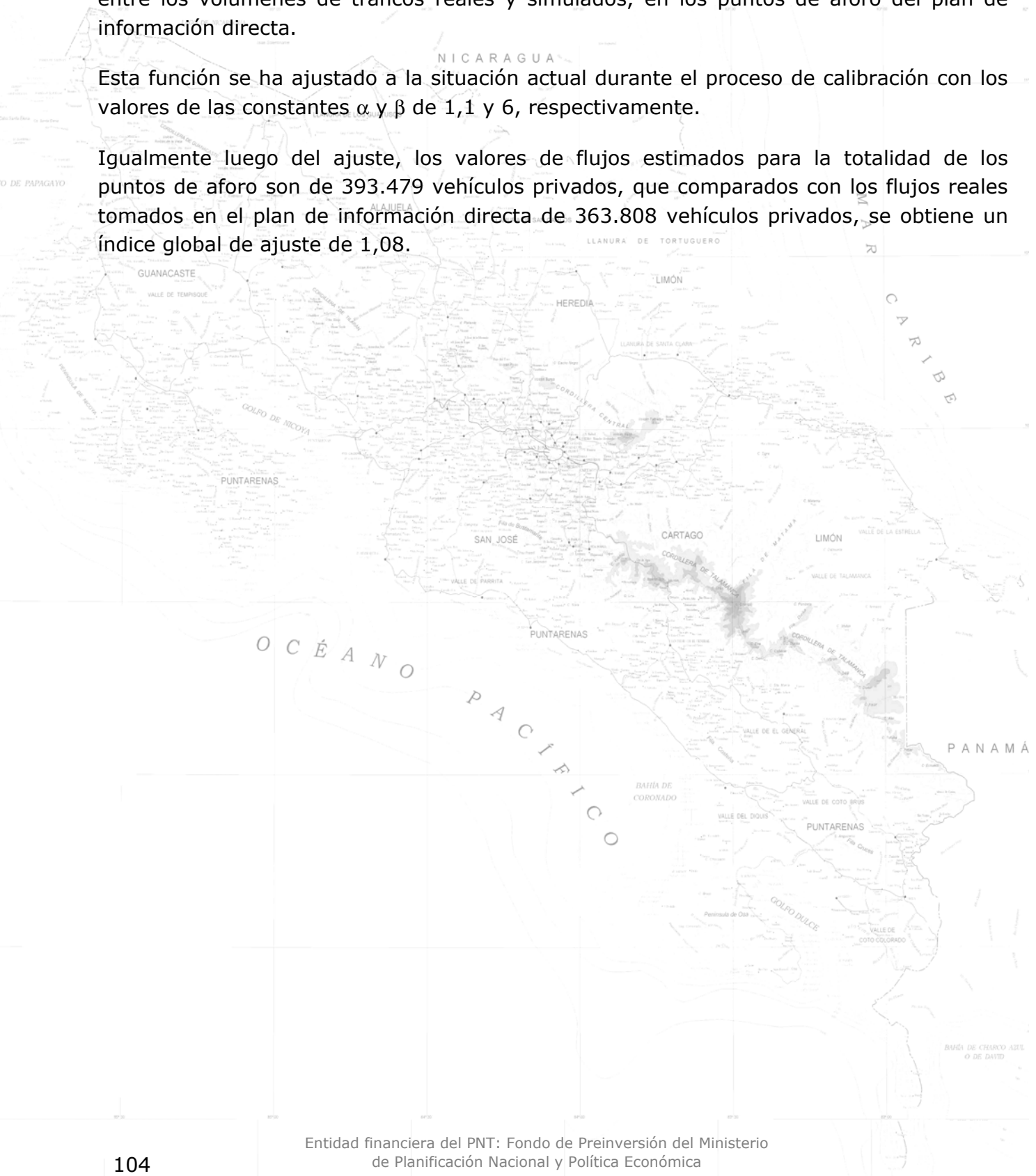
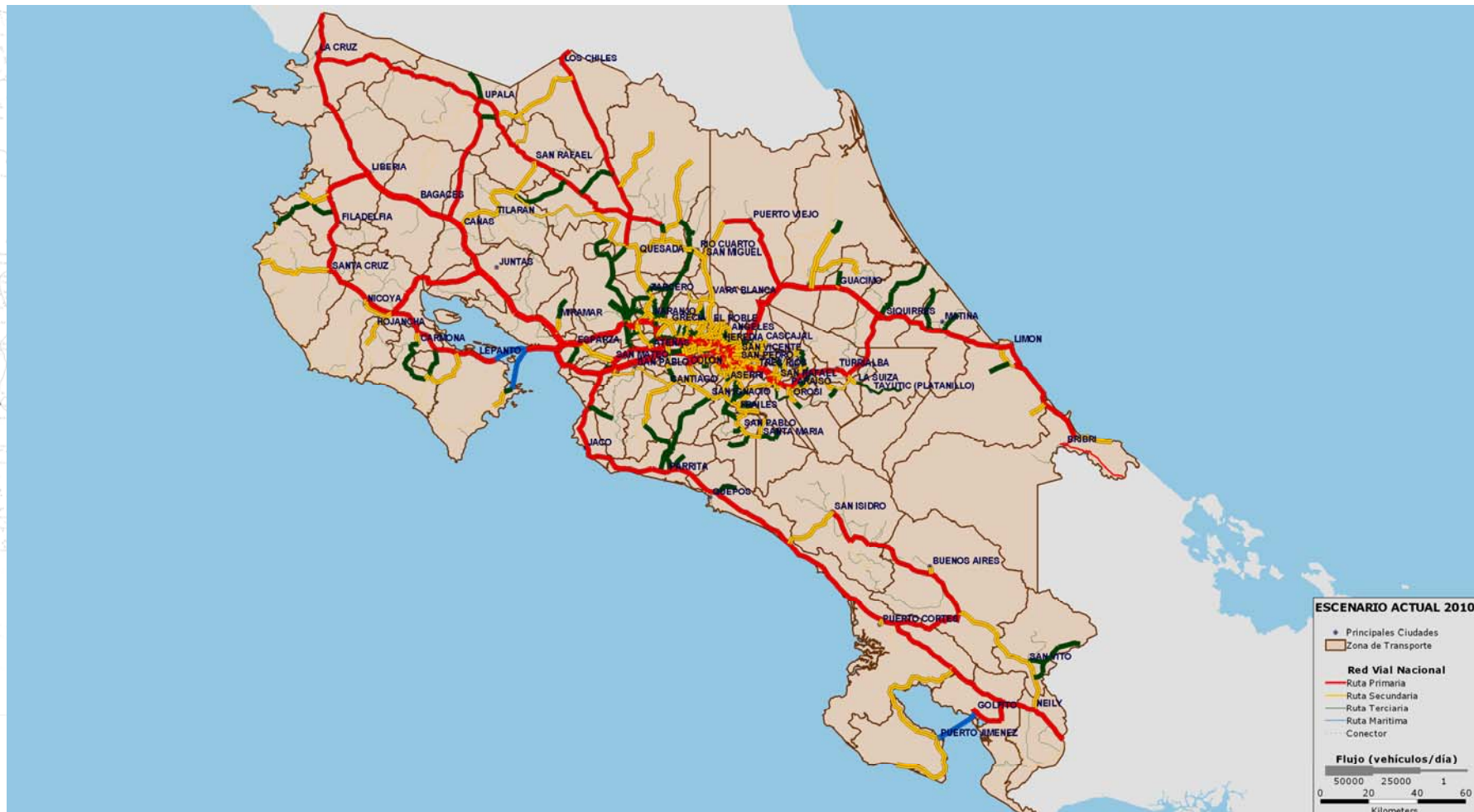
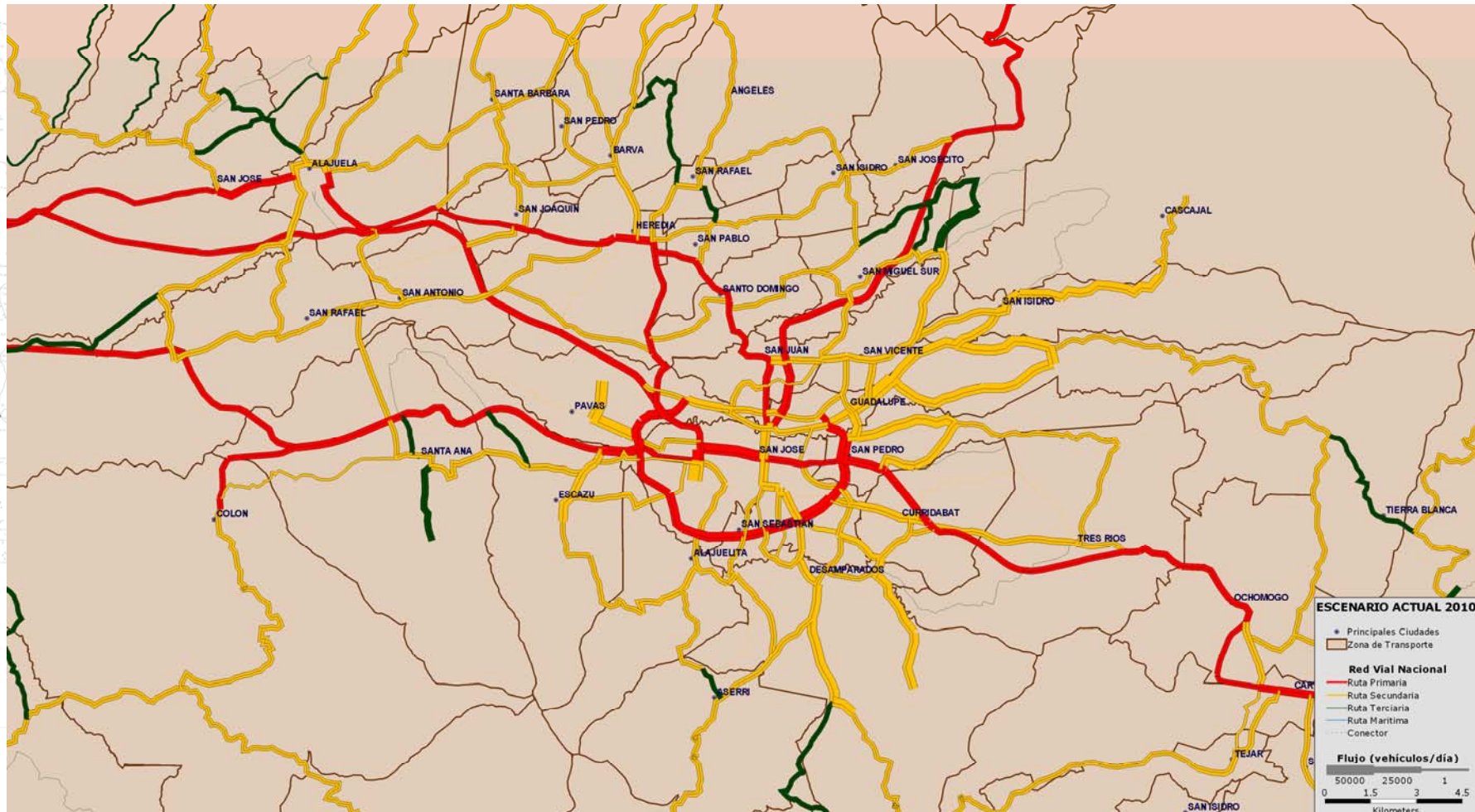


Figura 28. Asignación del escenario actual. Vehículo Privado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Asignación del escenario actual. Vehículo Privado. Detalle



Fuente: Elaboración propia

6. Modelo de Transportes. Escenarios Futuros

6.1. Introducción

Una vez construido y calibrado el modelo para el año base 2010, los próximos escenarios de demanda para la obtención de la matriz se realiza para los escenarios futuros que son respectivamente los años 2018 y 2035.

Para estos años, el crecimiento de la matriz total se estimó utilizando la información socio-económica disponible, para posteriormente aplicar los modelos de distribución y reparto modal.

Las redes para los dos horizontes temporales se actualizaron según la nueva jerarquía funcional de futuro para el modo carretera.

En última instancia, se realiza la asignación y posterior presentación de los resultados de la carga de tráfico en los tramos de la red de carretera.

6.2. Escenario Futuros de Oferta

Definidas las posibles futuras actuaciones para la red de carreteras, se implementan y codifican las nuevas redes por cada año de horizonte temporal. La caracterización geométrica y funcional de las nuevas actuaciones, así como la nueva jerarquía estratégica y funcional, conforman la oferta de los escenarios futuros.

Para adecuar los datos de los escenarios futuros, se ha procedido a actualizar las tarifas de los distintos modos de transporte, en colones por kilómetro, a los escenarios 2018 y 2035. Asimismo, se ha actualizado el valor del tiempo para ofrecer una comparativa más realista de los costes totales de viaje.

Para la actualización de dichos datos, se han empleado las proyecciones del Producto Interno Bruto disponibles en el presente Plan. De este modo, para el coste del modo vehículo privado, se ha realizado una proyección del PIB sobre el precio medio actual de las gasolinas en Costa Rica, y considerando el consumo medio de un vehículo por kilómetro, mientras que para el transporte público –autobús y ferry– se ha aplicado el incremento a la tarifa media actual por kilómetro.

Para el incremento del valor del tiempo se ha calculado la variación del PIB per cápita, teniendo en cuenta tanto la proyección del PIB, como el incremento poblacional estimado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

A continuación se presenta un cuadro resumen de los valores empleados para las tarifas por modo, las tarifas de peaje y el valor del tiempo en los escenarios futuros.

Tabla 50. Evolución de las tarifas y del valor del tiempo para el transporte de viajeros

Colones / Km	2010	2018	2035
Tarifa vehículo privado	56,3	84,56	198,44
Tarifa bus	26,3	39,46	92,60
Tarifa ferry	44,5	66,81	156,79
Valor del tiempo (Colones/min)	29,98	50,90	103,52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Evolución de las tarifas de peaje

Estación de peaje	Tarifa (Colones / km)		
	2010	2018	2035
General Cañas	5,0	7,51	17,61
Próspero Fernández	5,1	7,66	17,97
Bernardo Soto	3,7	5,53	12,98
Braulio Carrillo	3,9	5,90	13,85
Florencio del Castillo	5,3	7,99	18,74

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la infraestructura, adicionalmente a las nuevas rutas introducidas, el cambio viene dado por la nueva jerarquía funcional del viario, según lo indicado en el IP5, Capítulo 6.2. Jerarquización del viario, los dos grandes grupos Red Vial Estratégica y Red Vial Complementaria dan lugar a cuatro jerarquías funcionales, así: Red de Alta Capacidad (RAC), Distribuidores Regionales (DR), Conectores de Integración Territorial (CIT) y Red Básica de Acceso (RBA).

Los niveles funcionales que indican las características técnicas mínimas asociadas a los nuevos niveles jerárquicos implantados en el modelo para cada escenario, son los siguientes:

Tabla 52. Características técnicas mínimas por nivel jerárquico.

Jerarquía funcional	Velocidad de proyecto (km / h)	Velocidad comercial (km / h)	Pendiente máxima	Carriles
RAC	120	100	6%	2 por sentido
DR	100	80	6%	1 por sentido
CIT	80	60	8%	1 por sentido
RBA	40	40	-	1 por sentido

Fuente: Elaboración propia

Se desarrollarán de esta forma dos posibles escenarios futuros para el año 2018 y cuatro para el año 2035, teniendo en cuenta en los dos años, un escenario tendencial en el que no se efectúen las propuestas del desarrollo vial, es decir el mismo escenario actual.

AÑO 2018

Escenario de oferta
Tendencial

Escenario de
Oferta 2018
Jerarquía Funcional

Escenario de Demanda
Matriz Vehículo Privado 2018

AÑO 2035

Escenario
de oferta
Tendencial

Escenario
de oferta
RVE Recesiva

Escenario
de oferta
RVE Parcial

Escenario
de Oferta
RVE Expansiva

Escenario de Demanda
Matriz Vehículo Privado 2035

A continuación se describen los escenarios futuros propuestos.

6.2.1. Escenarios 2018

a. Escenario Jerarquía Funcional

De acuerdo con el IP5, Capítulo 7.2, Jerarquización, modernización y mejora de las carreteras, este escenario se corresponde con un nivel de desarrollo intermedio del año 2018, alcanzando las características técnicas y funcionales asignadas al nivel jerárquico asociado, como se indica en las figuras 30 y 31. Las tarifas se corresponden con las proyectadas al año 2018.

Tabla 53. Longitudes según jerarquía funcional

JERARQUIA	Longitud (km)
RAC	904
DR	1.303
CIT	1.197
RBA	4.315
Total	7.718

Fuente: Elaboración propia

b. Escenario Tendencial

Este escenario supone que la red de carreteras seguirá como en la situación actual, con sus mismas características funcionales. Las tarifas se corresponden con las proyectadas al año 2018.

6.2.2. Escenarios 2035

a. Escenario RVE Recesiva

Acorde con lo indicado en el *anexo, Marco Económico y Financiero del PNT, Evaluación Coste-Beneficio*, este escenario se corresponde con un nivel de desarrollo intermedio del año 2035, alcanzando las características técnicas y funcionales asignadas al nivel jerárquico asociado, como se indica en las figuras 32 y 33. Las tarifas se corresponden con las proyectadas al año 2035.

Tabla 54. Longitudes según jerarquía funcional

JERARQUIA	Longitud (km)
RAC	-
DR	-
CIT	5.436
RBA	2.282
Total	7.718

Fuente: Elaboración propia

b. Escenario RVE Parcial

Acorde con lo indicado en el *anexo, Marco Económico y Financiero del PNT, Evaluación Coste-Beneficio*, este escenario se corresponde con un nivel de desarrollo intermedio del año 2035, alcanzando las características técnicas y funcionales asignadas al nivel jerárquico asociado, como se indica en las figuras 34 y 35. Las tarifas se corresponden con las proyectadas al año 2035.

Tabla 55. Longitudes según jerarquía funcional

JERARQUIA	Longitud (km)
RAC	904
DR	1.303
CIT	3.229
RBA	2.282
Total	7.718

Fuente: Elaboración propia

c. Escenario RVE Expansiva

Igualmente, acorde con lo indicado en el *anexo, Marco Económico y Financiero del PNT, Evaluación Coste-Beneficio*, este escenario supone la implantación completa de la Red Vial Estratégica y la Red Vial Complementaria, de acuerdo a las características técnicas mínimas indicadas en la Tabla 52, como se indica en las figuras 36 y 37. Las tarifas se corresponden con las proyectadas al año 2035.

Tabla 56. Longitudes según jerarquía funcional

JERARQUIA	Longitud (km)
RAC	1.679
DR	1.725
CIT	2.033
RBA	2.282
Total	7.718

Fuente: Elaboración propia

d. Escenario Tendencial

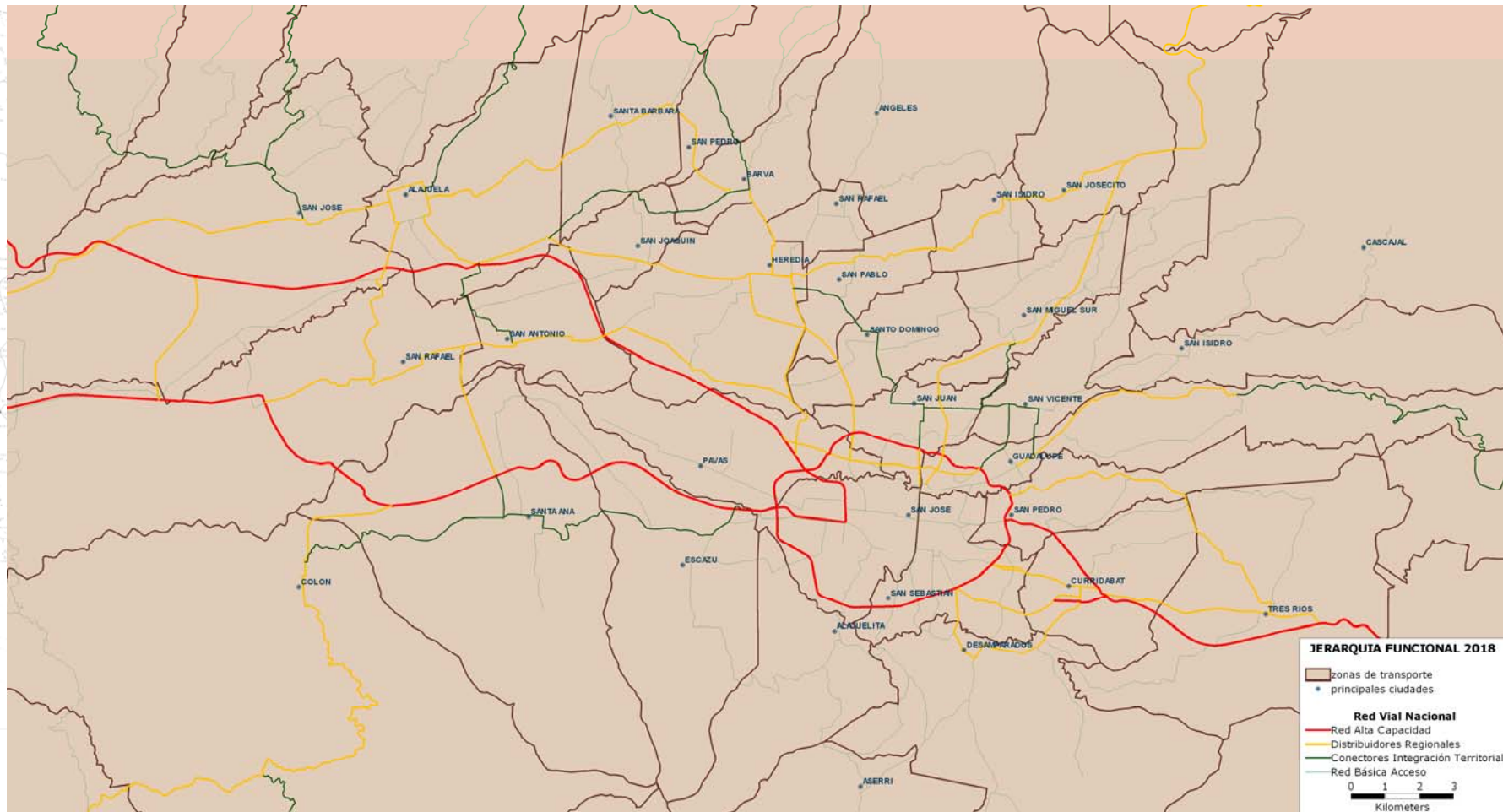
Este escenario supone que la red de carreteras seguirá como en la situación actual, con sus mismas características funcionales. Las tarifas se corresponden con las proyectadas al año 2035.

Figura 30. Red de vehículo privado. Escenario Jerarquía Funcional 2018.



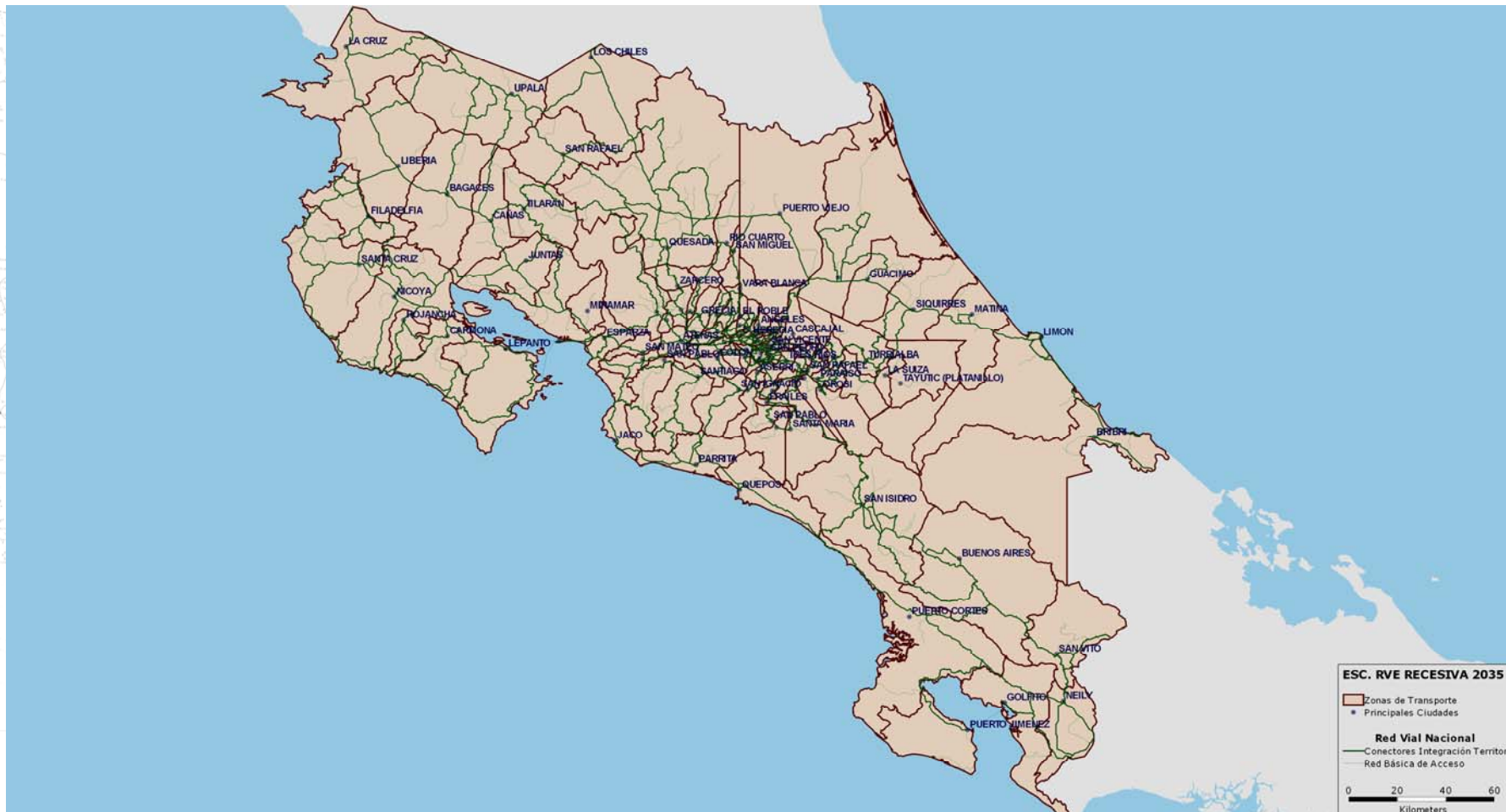
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 31. Red de vehículo privado. Escenario Jerarquía Funcional 2018. Detalle.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

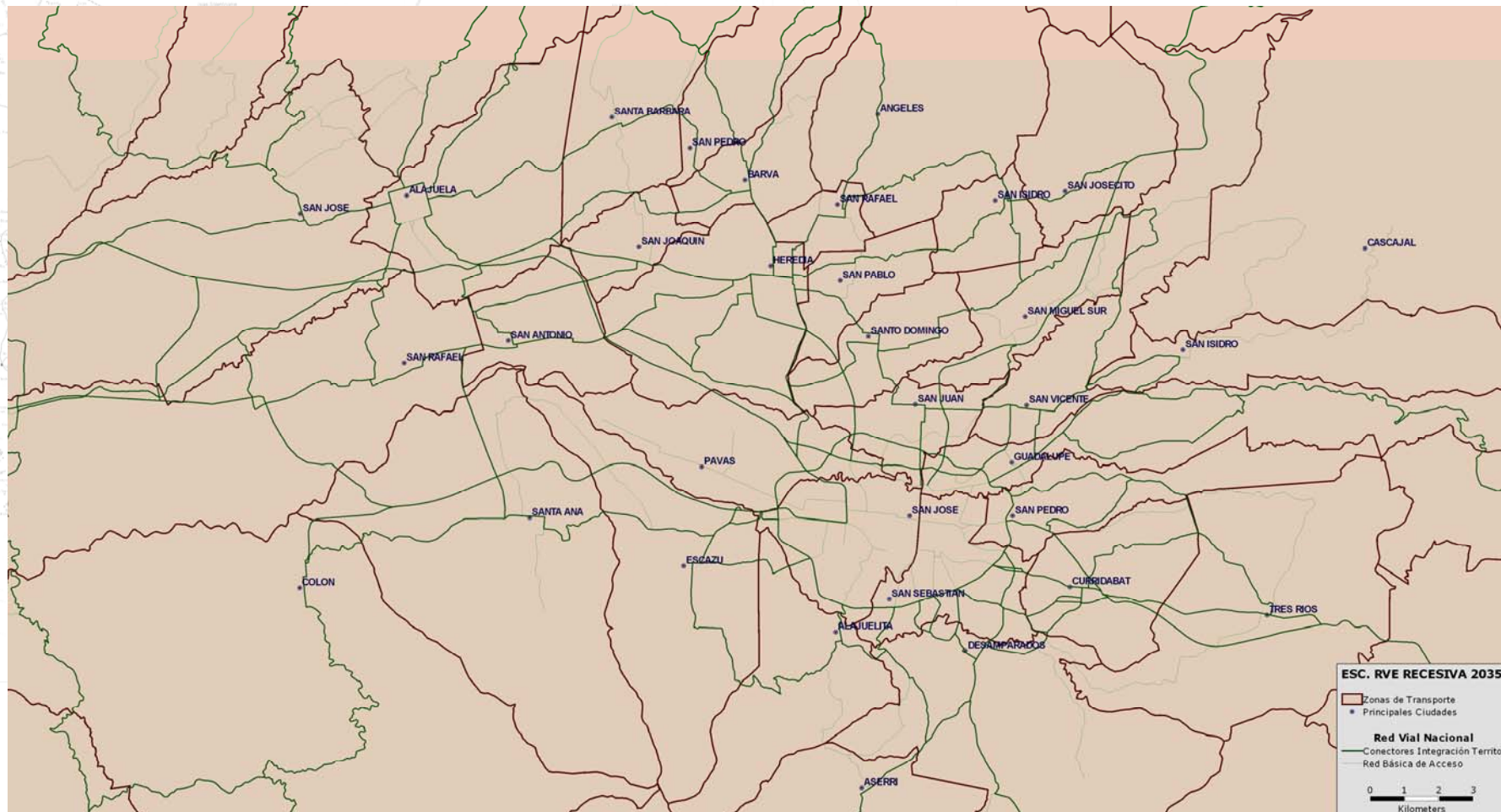
Figura 32. Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Recesiva.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

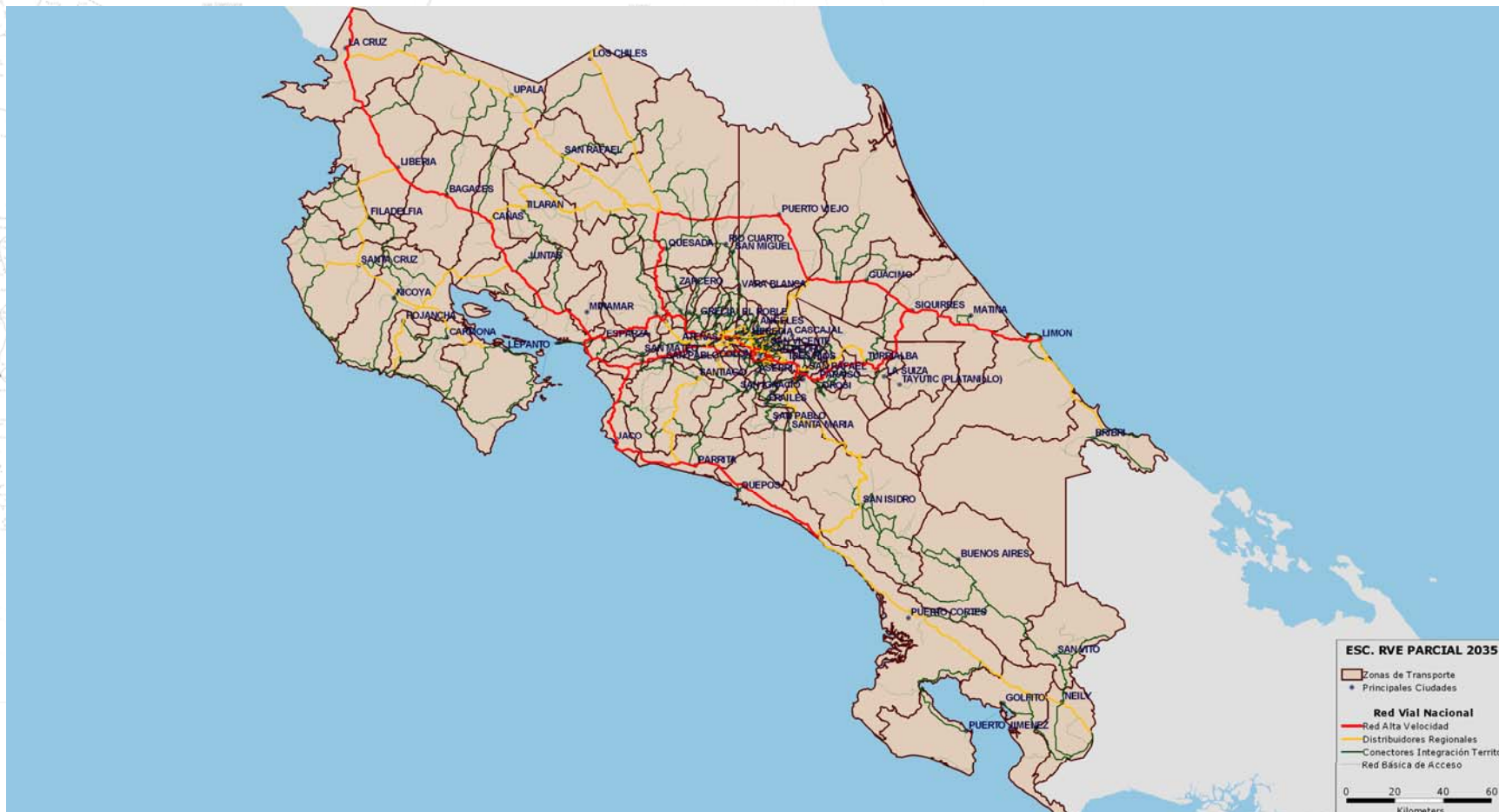
Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio
de Planificación Nacional y Política Económica

Figura 33. Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Recesiva. Detalle.



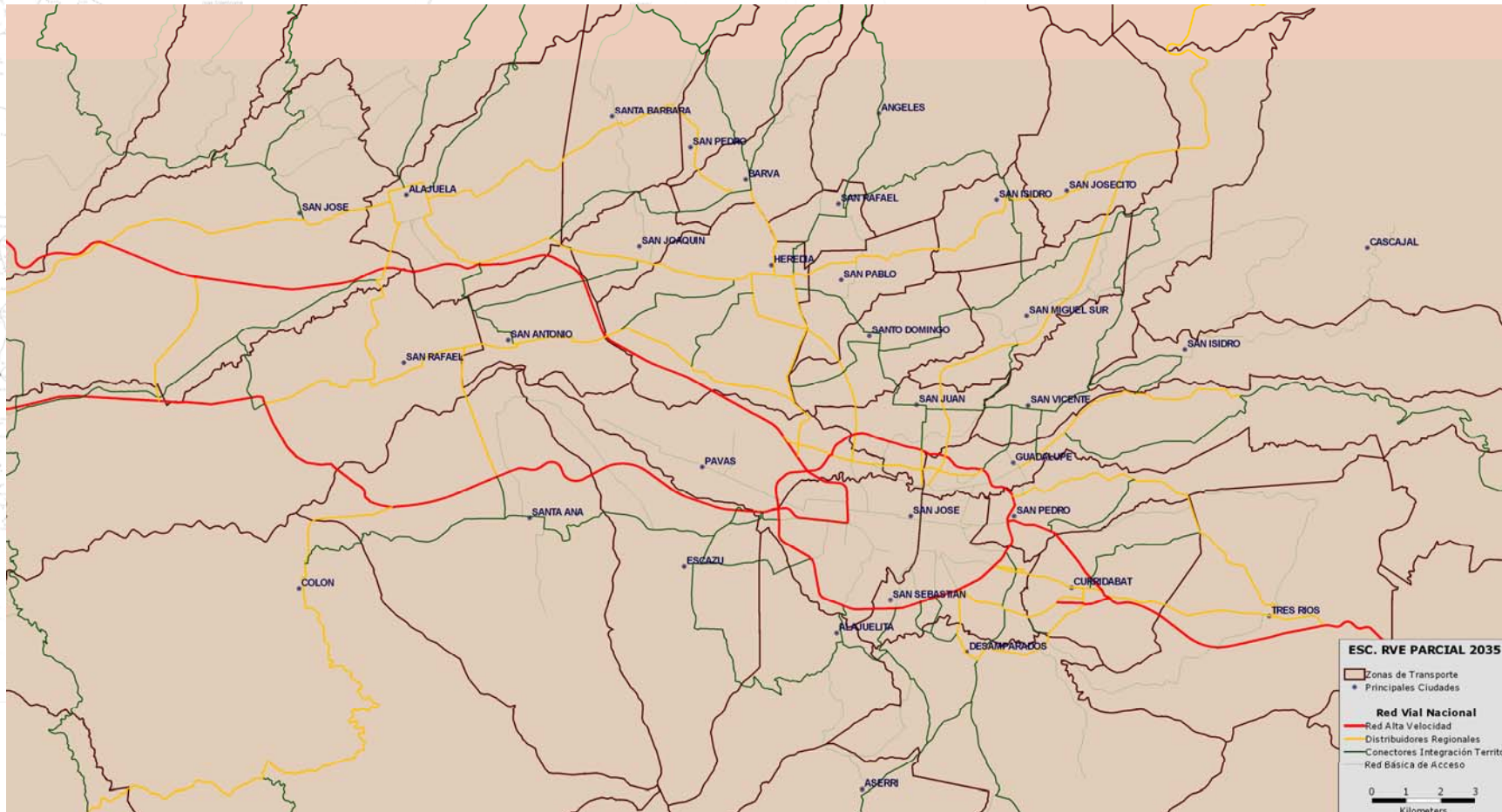
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 34. Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Parcial.



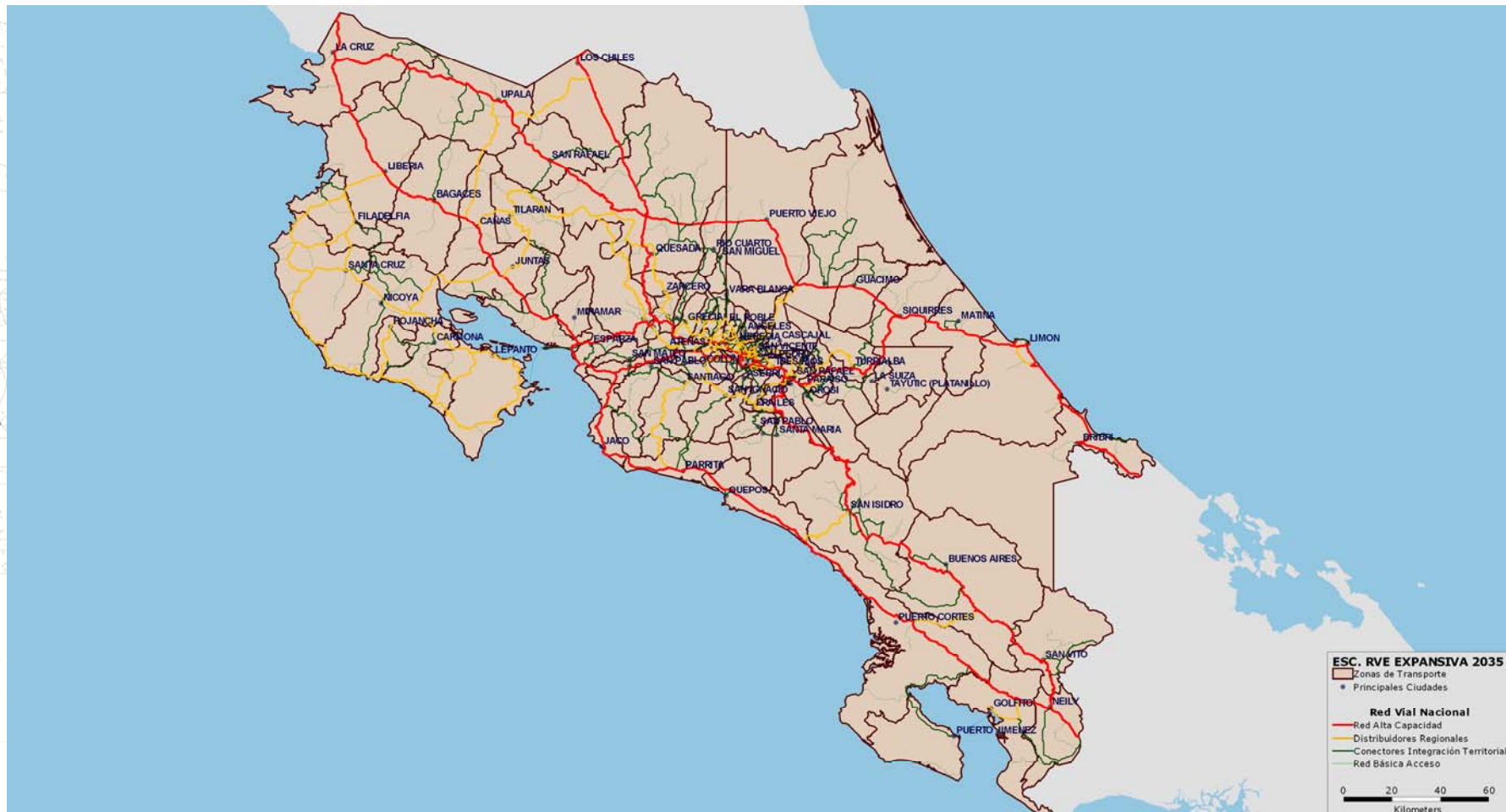
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 35. Red de Vehículo Privado. Escenario RVE Parcial. Detalle.



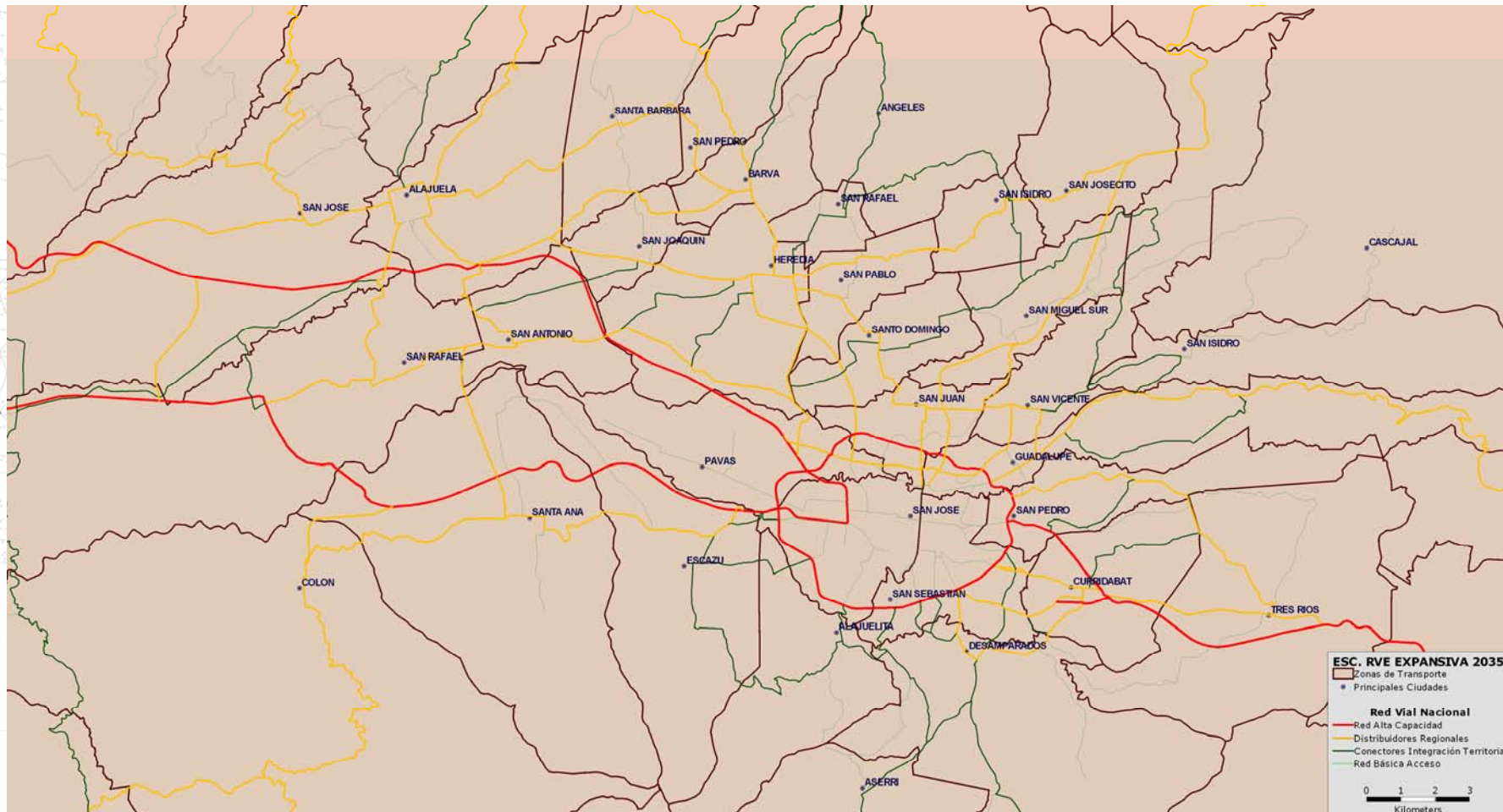
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 36. Red de vehículo privado. Escenario RVE Expansiva.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 37. Red de vehículo privado. Escenario RVE Expansiva. Detalle.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

6.3. Escenario Futuros de Demanda

La estimación de la demanda global en los años futuros por zona de transporte se realiza aplicando el modelo de generación correspondiente sobre las variables explicativas de la movilidad, proyectadas a futuro.

Posteriormente, aplicando los modelos de la etapa de distribución, se construyen las matrices origen-destino globales (todos los modos) de los escenarios futuros a partir de los volúmenes de viajes generados/atraídos por cada zona estimados en la etapa anterior.

La aplicación de los modelos de reparto modal que han sido calibrados previamente permite estimar matrices origen-destino para el modo vehículo privado por horizonte temporal.

La función para la estimación de viajeros producidos, se han empleado las variables población e índice de motorización.

El incremento anual de la población se ha calculado en función de los datos oficiales por distrito del INEC para el período 2008-2010, ponderando en función de la población por distrito para cada zona de transporte. Se ha limitado el crecimiento a la media anual nacional en los casos de alto crecimiento en el período proyectado, igualando los crecimientos negativos a cero, para un correcto dimensionamiento. Además, se ha empleado un crecimiento amortiguado para el período 2018-2035, tendencia natural para poblaciones más consolidadas.

El índice de motorización se expresa como el número de vehículos por cada 100 habitantes. Además de los valores de población, ya comentado, se ha empleado el incremento medio nacional para el número de vehículos durante el período 2005-2010, a partir de los datos del INEC. En consonancia con el caso anterior, se ha aplicado cierto amortiguamiento al crecimiento de vehículos para el período a más largo plazo.

Por otro lado, para estimar la función de atracción de viajes, la variable más adecuada ha demostrado ser el número de empresas.

La proyección del número de empresas se ha realizado a partir de los datos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), empleando la variación en el número de patronos por cantón para el período 2005-2009, para aplicarlo a los años 2010-2018. Para largo plazo (2018-2035) se ha limitado el crecimiento con un cierto amortiguamiento, ajustándose a las perspectivas para la población y el índice de motorización.

A continuación se presentan los valores a nivel nacional de las variables escogidas, una vez proyectadas a 2018 y 2035. En el Anexo Estadístico al presente documento se muestran los datos por zonas de transporte.

Tabla 57. Proyecciones de población, índice de motorización y número de empresas. Años 2010, 2018 y 2035

Población			Índice de motorización			Número de empresas		
2010	2018	2035	2010	2018	2035	2010	2018	2035
4.562.087	5.163.153	6.565.193	125,4	171,6	247,8	49.508	68.335	99.840

Fuente: Elaboración propia

Para cada zona de transporte se estiman los viajeros aplicando las ecuaciones calibradas para el escenario actual, de donde se obtienen los vectores de generación y atracción.

Finalmente y luego de aplicar los modelos de distribución y reparto modal, se obtienen las matrices de demanda para cada horizonte temporal en vehículos al día, según el índice de ocupación (1,95 viajeros/vehículo) estimado en el plan de investigación directa.

A continuación se presentan los resultados totales de las matrices estimadas por horizonte temporal para el vehículo privado. Esta demanda no incluye los viajes intrazonales que no se tienen en cuenta en el momento de la asignación.

Tabla 58. Demanda de vehículo privado. Escenarios futuros. Años 2018 y 2035

Viajeros diarios		Vehículos diarios	
2018	2035	2018	2035
1.260.030	1.544.891	646.169	792.252

Fuente: Elaboración propia

6.4. Asignación y Resultados

La asignación (4ª etapa) de la matriz origen-destino en vehículos diarios por horizonte temporal en la red de cada uno de los escenarios futuros propuestos, tiene como resultado la carga de tráfico en los tramos de cada red.

Después de realizar la correspondiente asignación para cada uno de los escenarios futuros de oferta propuestos, se obtiene como resultado el coste generalizado diario a nivel nacional por escenario, que se estima a partir de la suma de la correspondiente matriz de Coste Generalizado obtenida a partir del producto de 2 matrices (Cálculo matricial celda a celda):

a. Matriz de Demanda (vehículos/día),

b. Matriz de Coste Generalizado, estimada con la formula de coste generalizado, así:

$$CG_{ij} = C_{ij} + VOT * t_{ij}$$

donde,

- C_{ij} , es el coste por utilización de la red de transporte entre las zonas "i" y "j", en Colones.

- VOT, es el valor del tiempo, 103,52 Colones/minuto, correspondiente al año 2035.
- T_{ij} , es el tiempo de recorrido por la red de transporte entre las zonas "i" y "j", en minutos, resultante de la asignación correspondiente de cada escenario.

En las siguientes tablas se presenta dicho resultado para cada uno de los escenarios propuestos según el horizonte temporal.

Tabla 59. Resultados de la asignación. Año 2018

Coste generalizado (Mill. Colones / día) 2018	
Tendencial	Jerarquía Funcional
3.557	3.042

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Tabla 60. Resultados de la asignación. Año 2035

Coste generalizado (Mill. Colones / día) Año 2035			
Tendencial	RVR Recesiva	RVE Parcial	RVE Expansiva
9.986	8.926	8.372	8.123

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Con las anteriores tablas, se puede llegar a determinar cuál de las alternativas es la más beneficiosa, a partir de la estimación del ahorro medio diario, que viene dado por la diferencia entre el escenario tendencial y el resto de futuros escenarios propuestos.

Tabla 61. Comparativa de escenarios. Año 2018.

Ahorro medio diario total (Mill. Colones / día) 2018
Jerarquía
515

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Tabla 62. Comparativa de escenarios. Año 2035.

Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

Ahorro medio diario total (Mill. Colones / día) 2035		
RVR Recesiva 2035	RVE Parcial 2035	RVE Expansiva 2035
1.059	1.614	1.863

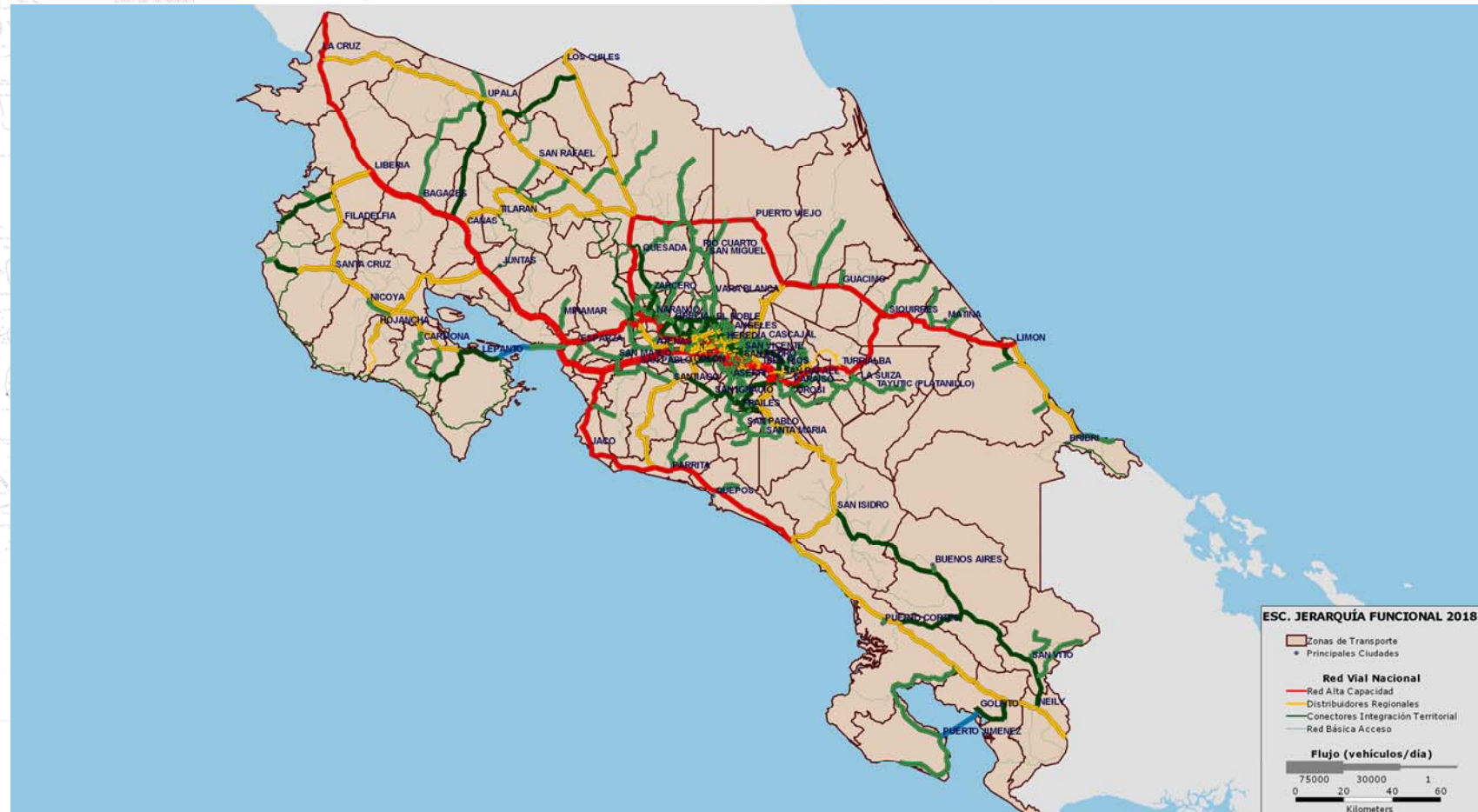
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Es decir partiendo de los resultados que da el modelo para cada uno de los escenarios futuros propuestos, se obtiene que la alternativa más beneficiosa es la representada por la que estima un desarrollo total de la jerarquía funcional para el horizonte temporal 2035, el escenario RVE Expansiva.

En el *anexo, Marco Económico y Financiero del PNT, Evaluación Coste-Beneficio*, se valoran otros aspectos externos a los resultados del modelo como por ejemplo las inversiones, el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno, entre otras, para escoger el escenario definitivo como alternativa del plan.

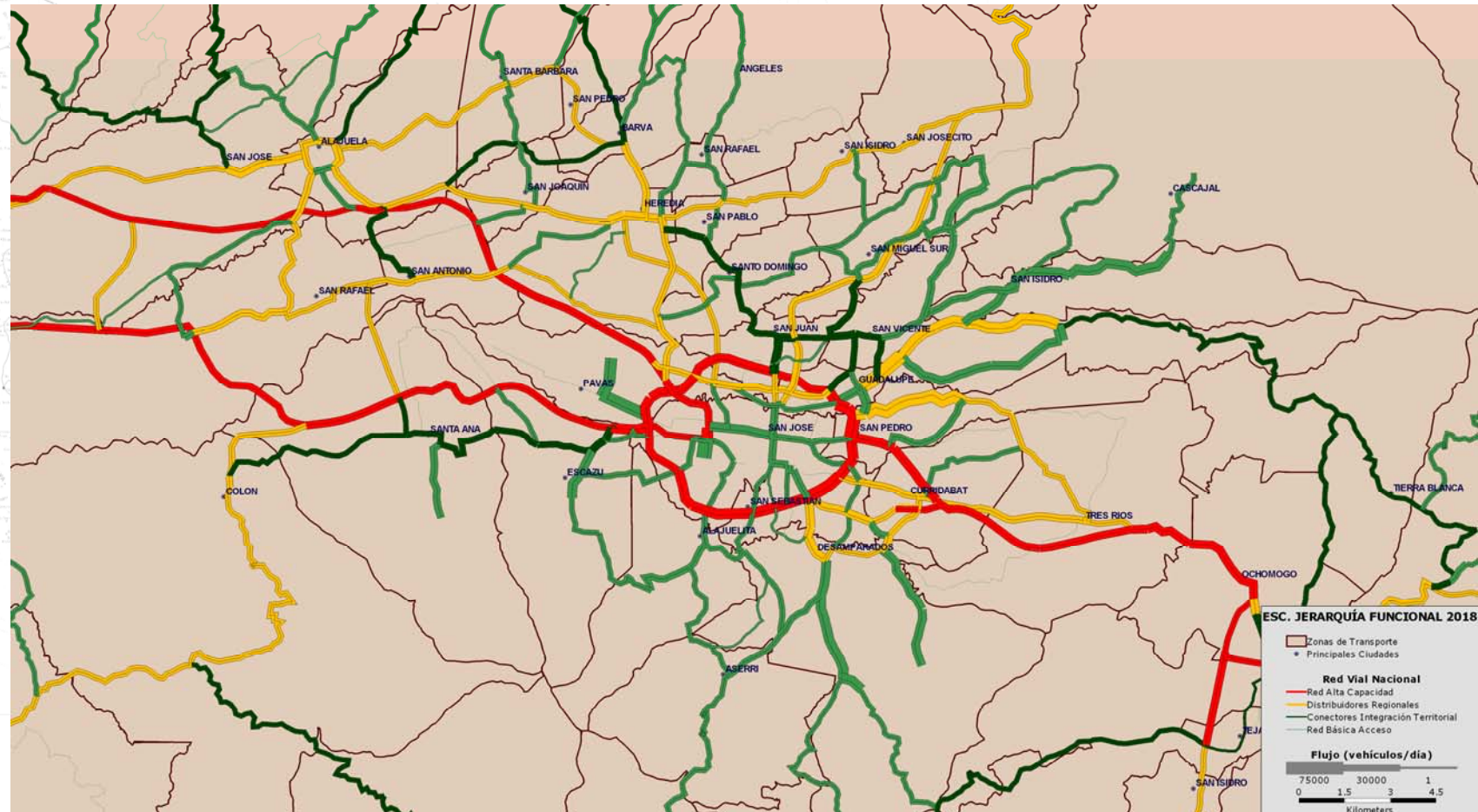
A continuación se presentan los resultados de carga de la red de la asignación para todos los escenarios futuros propuestos.

Figura 38. Resultado de la asignación. Escenario Jerarquía Funcional 2018.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 39. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario Jerarquía Funcional 2018.



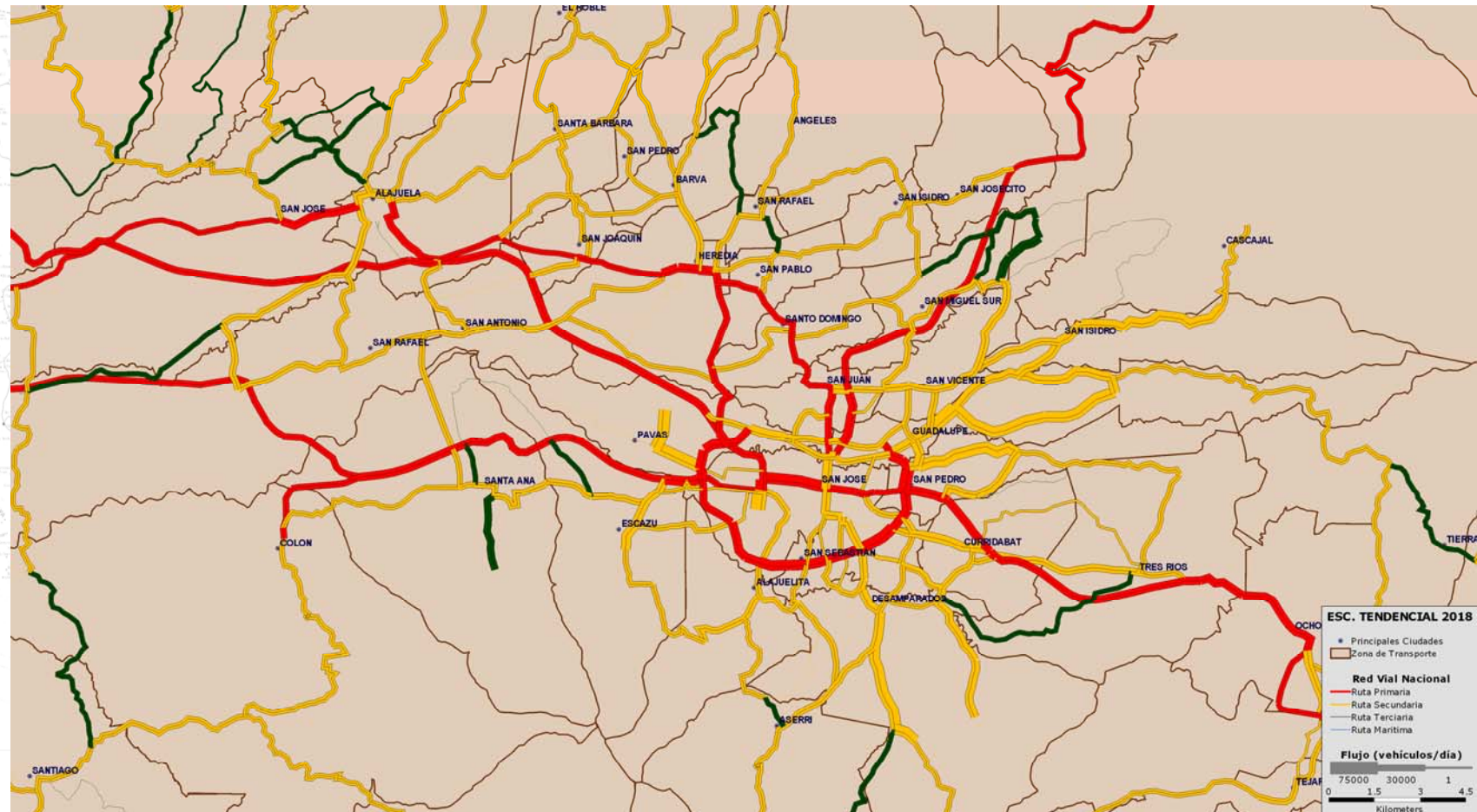
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 40. Resultado de la asignación. Escenario Tendencial 2018.



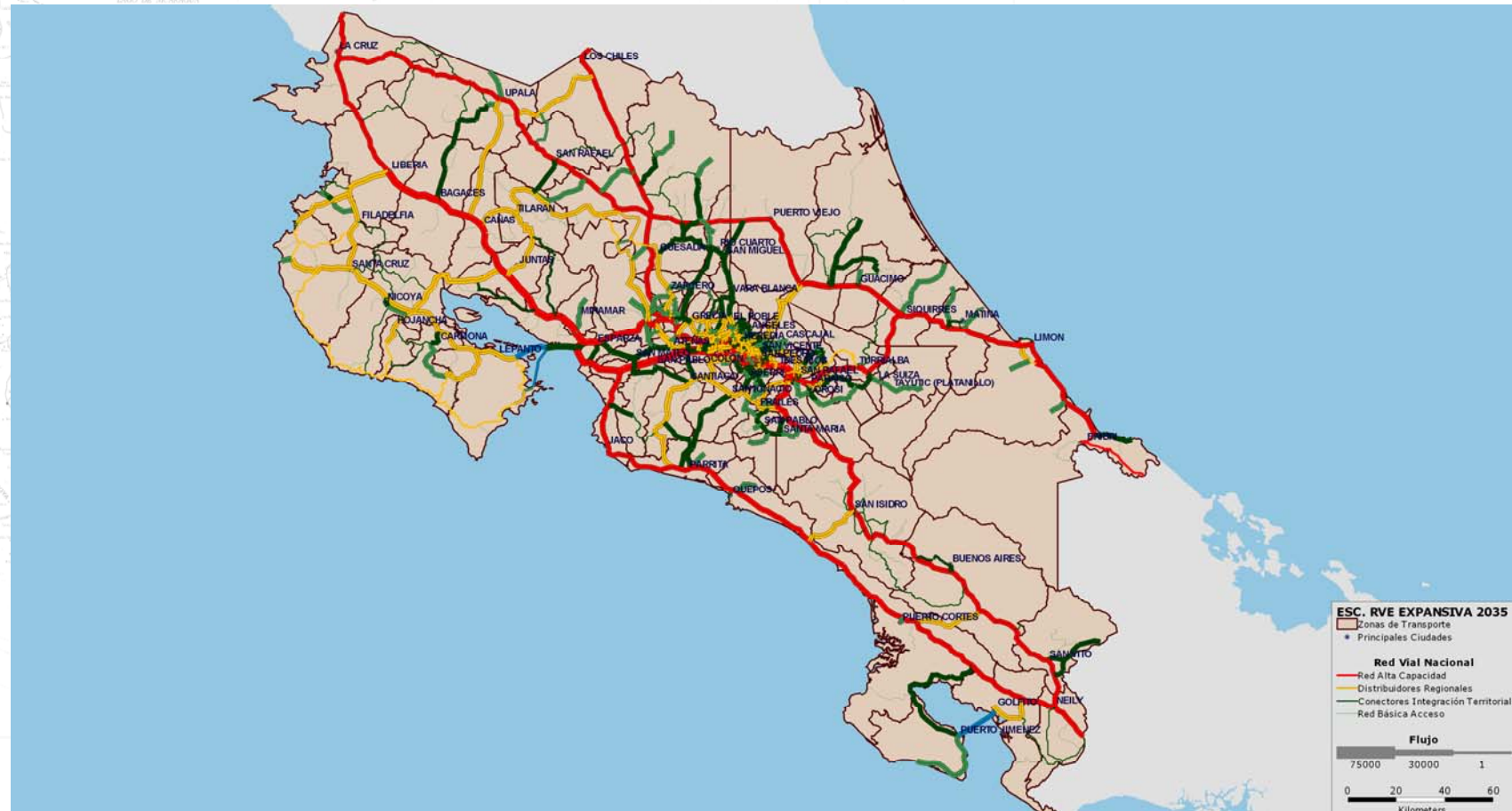
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 41. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario Tendencial 2018.



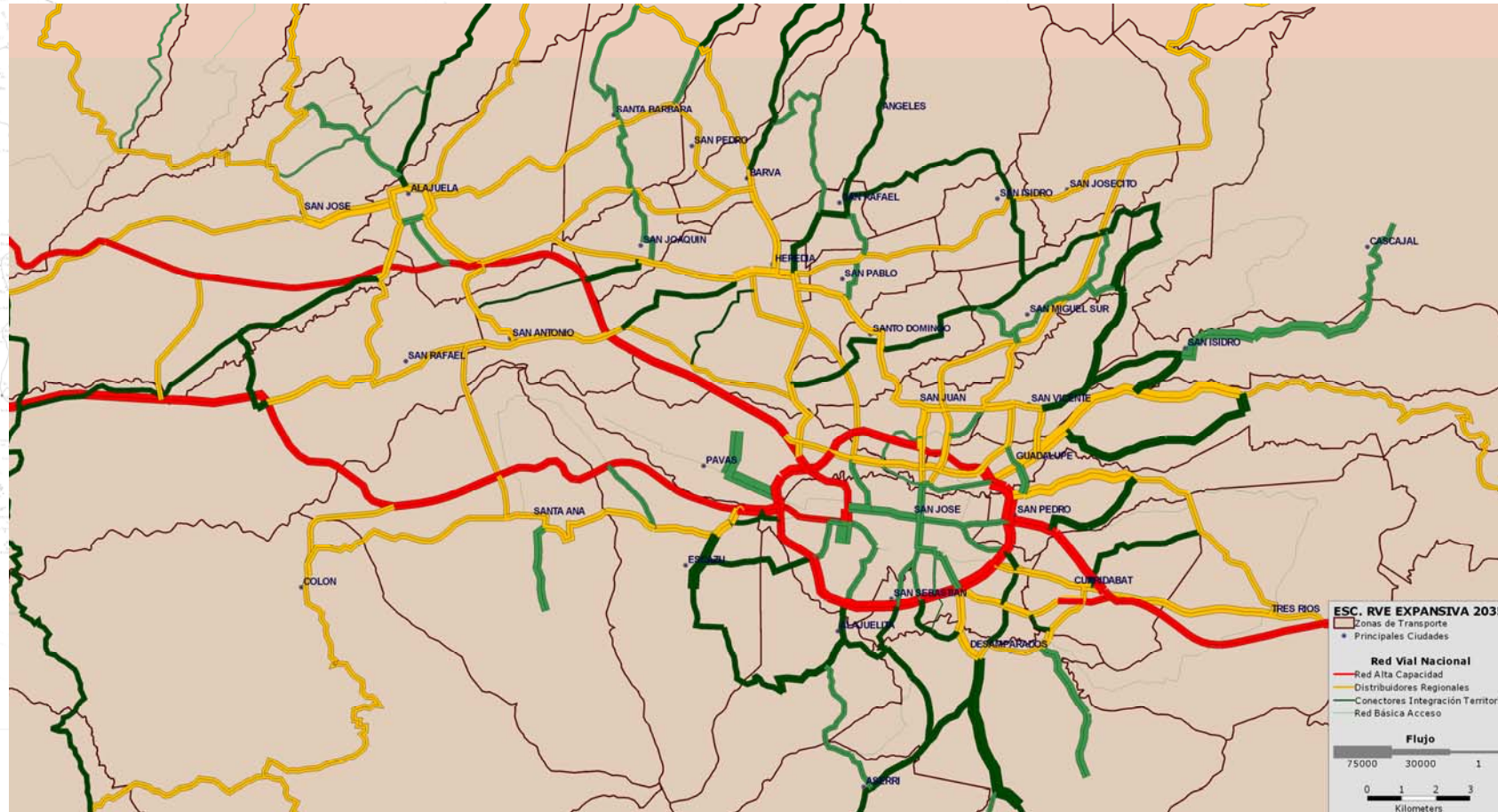
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 42. Resultado de la asignación. Escenario RVE Expansiva 2035.



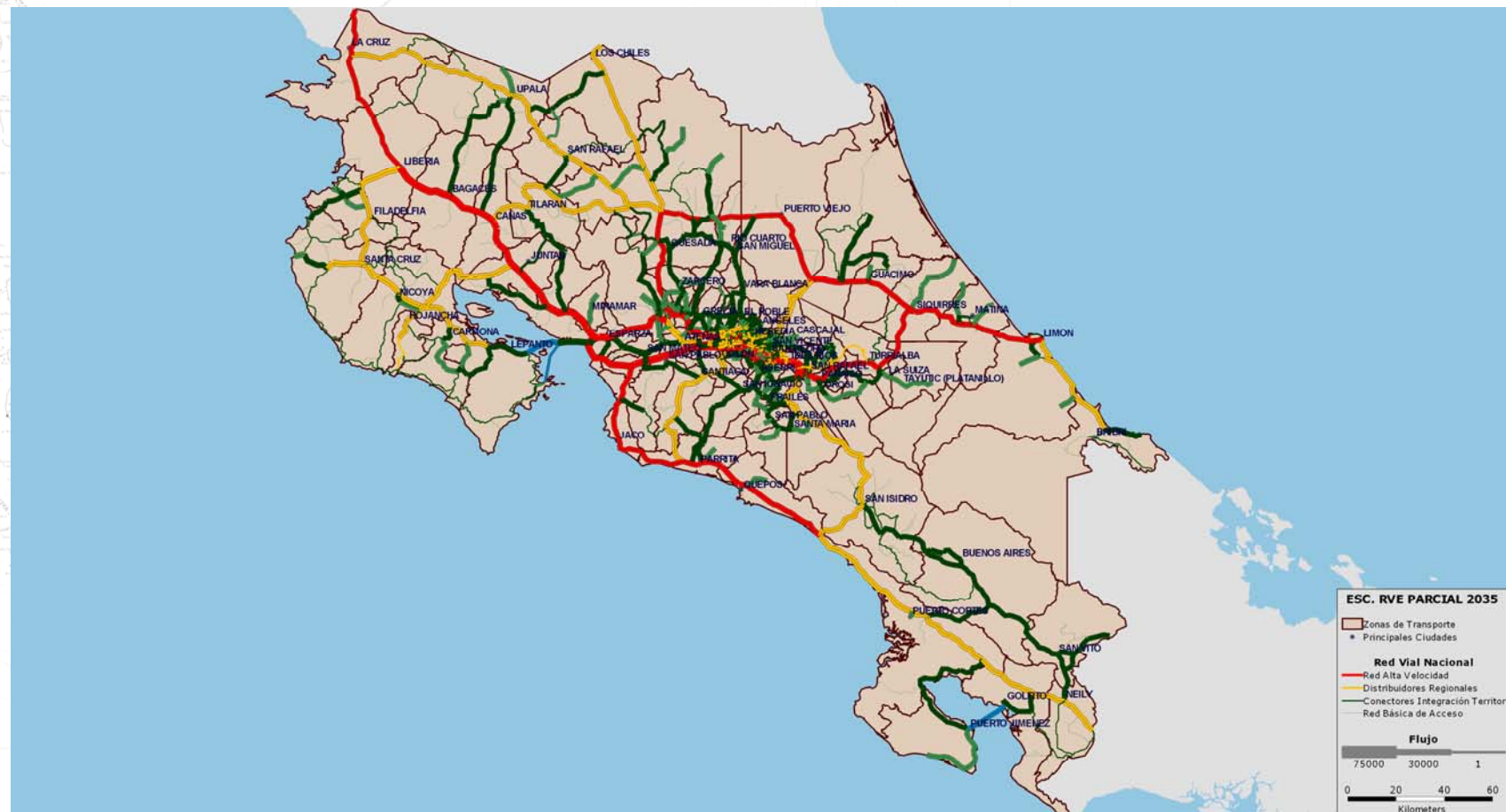
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 43. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario RVE Expansiva 2035.



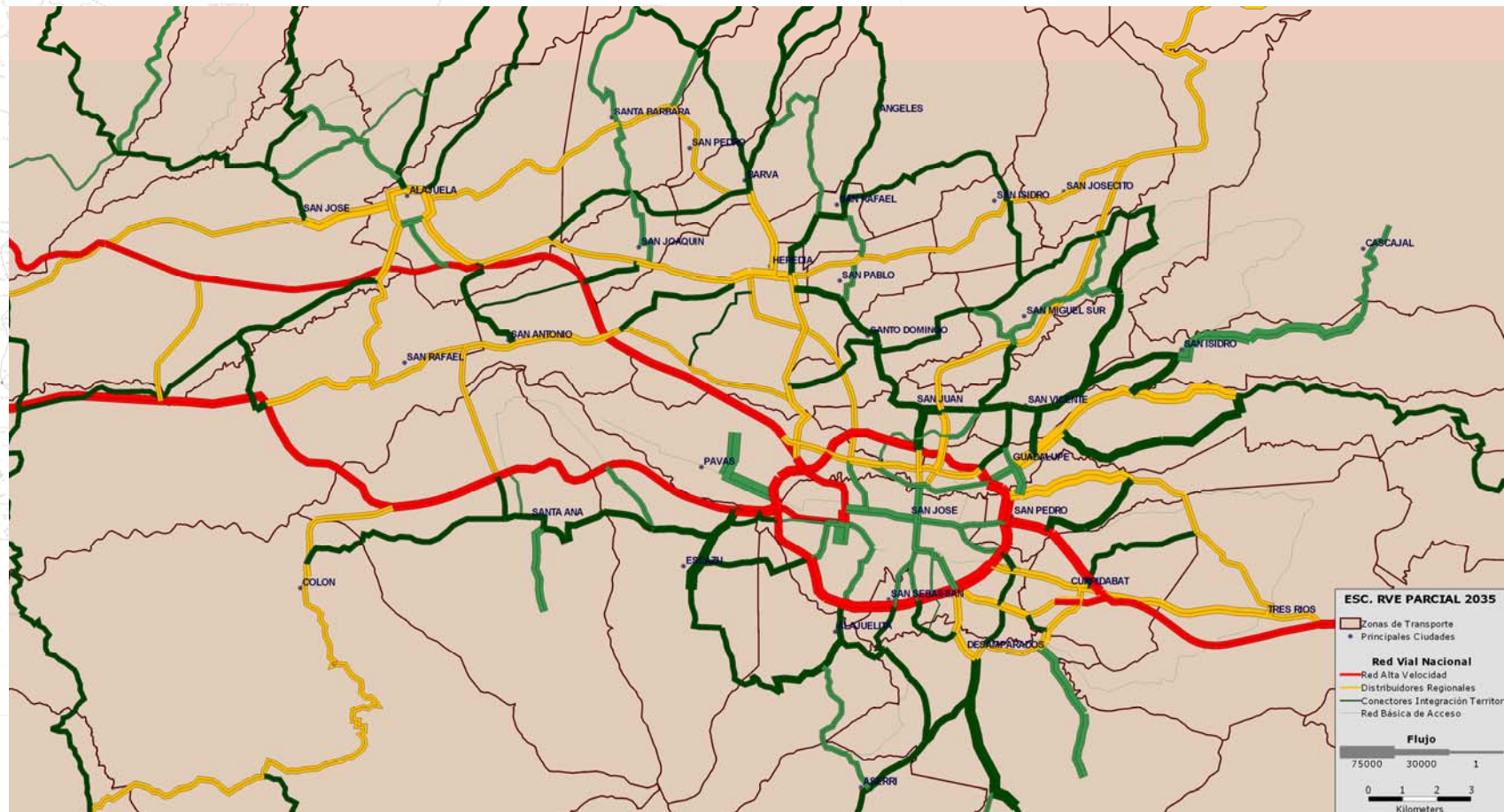
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 44. Resultado de la asignación. Escenario RVE Parcial 2035.



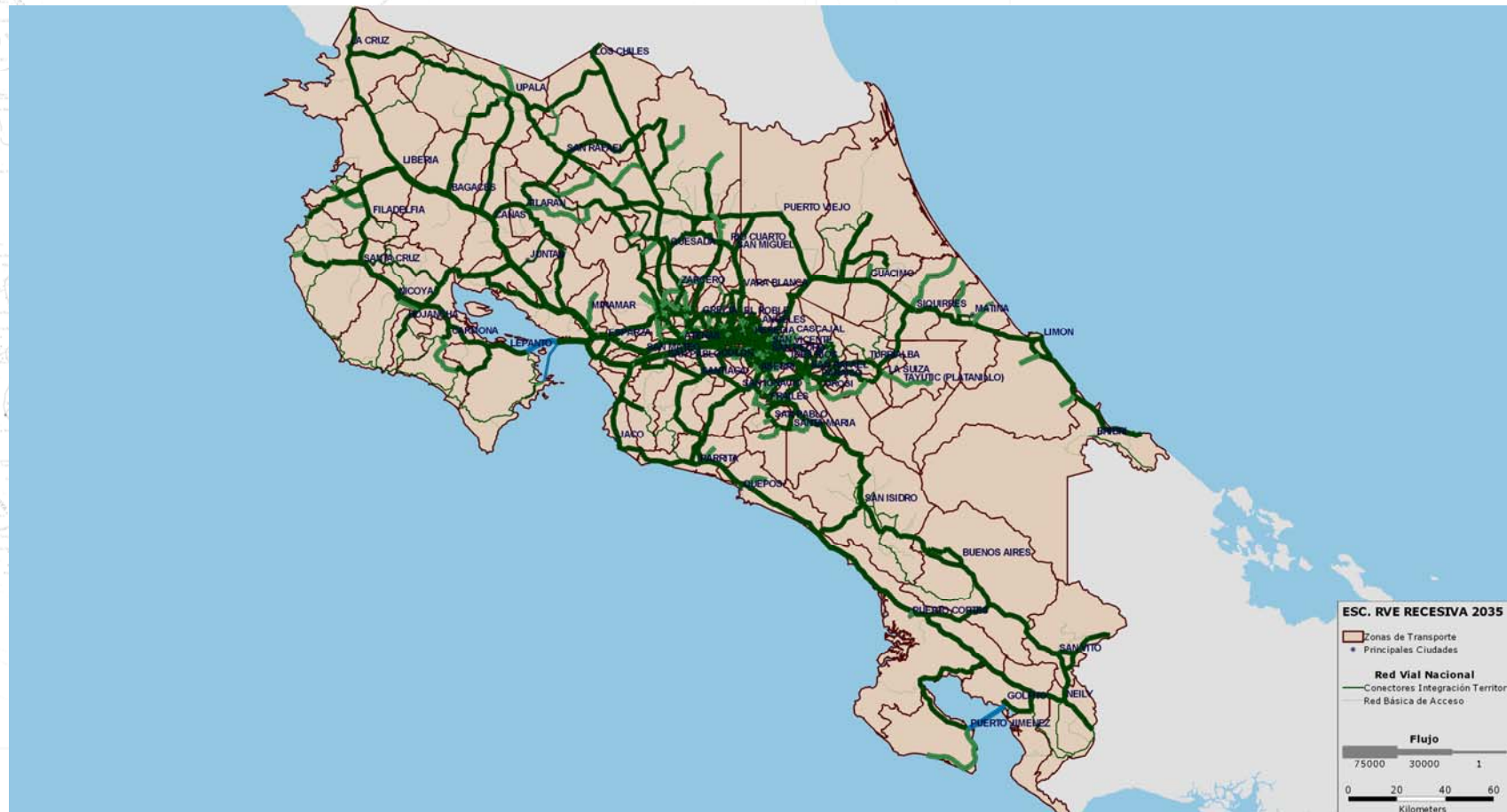
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 45. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario RVE Parcial 2035.



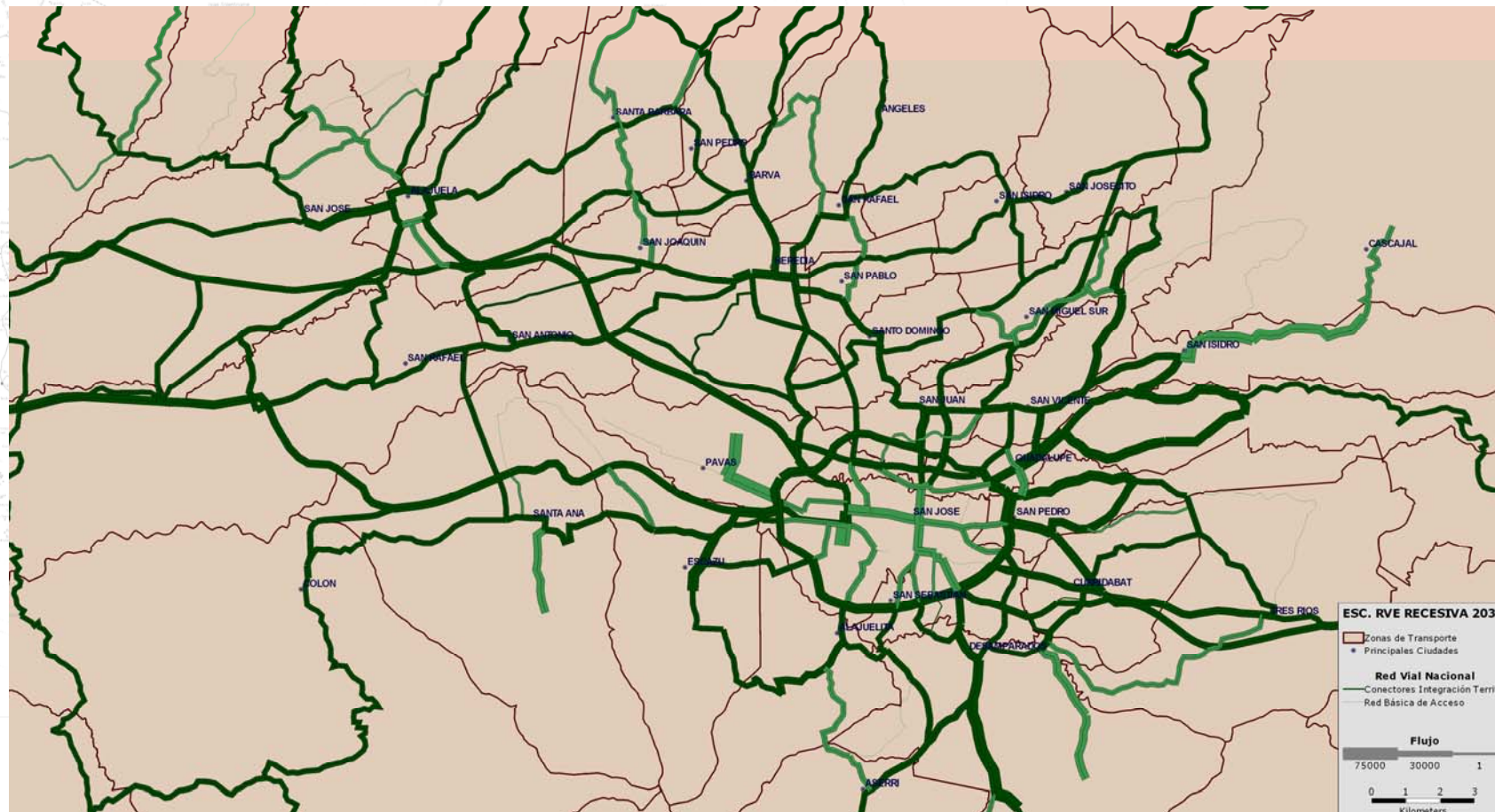
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 46. Resultado de la asignación. Escenario RVE Recesiva 2035.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 47. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario RVE Recesiva 2035.



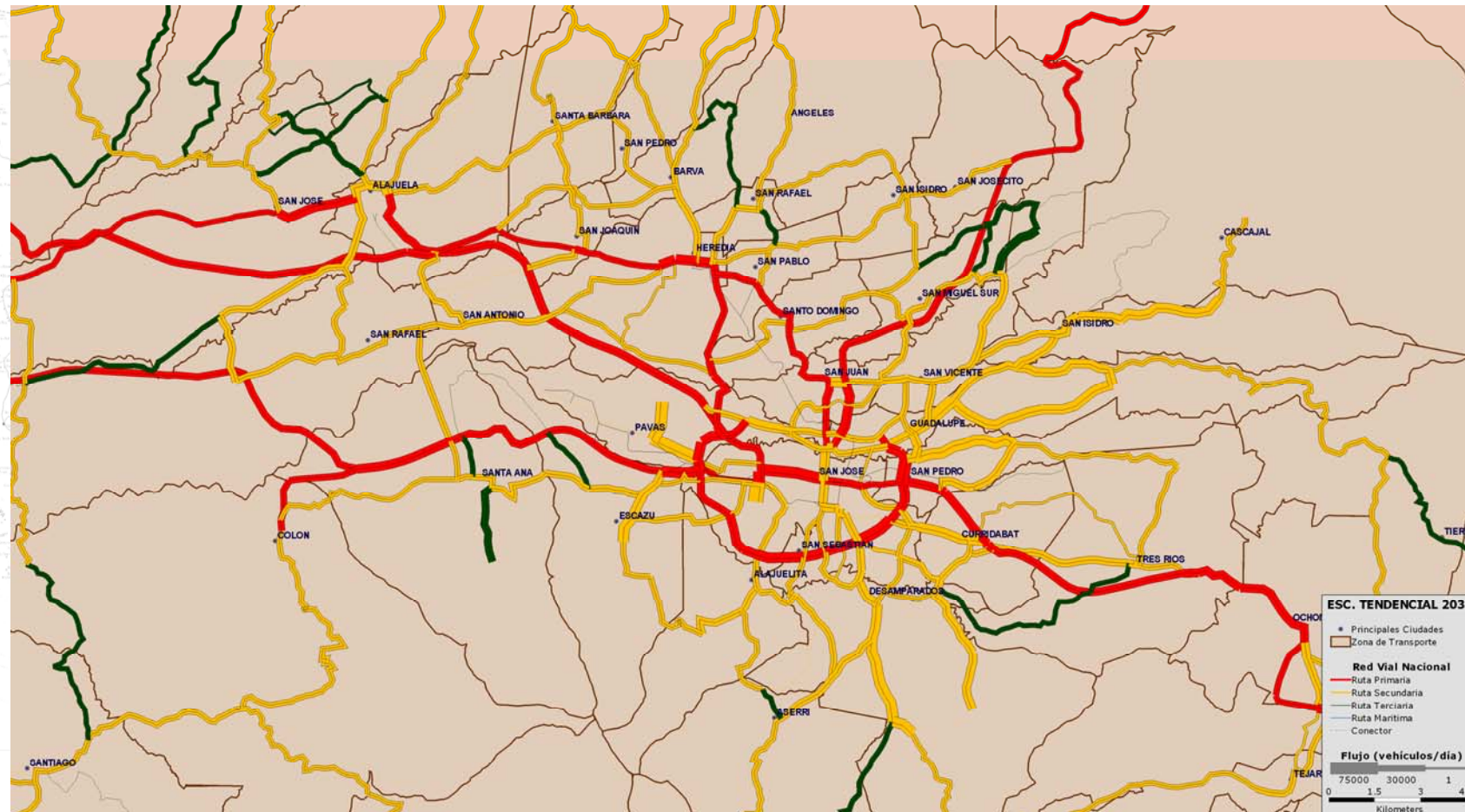
Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 48. Resultado de la asignación. Escenario Tendencial 2035.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 49. Resultado de la asignación. Detalle. Escenario Tendencial 2035.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Adicionalmente, en el *anexo de resultados* adjunto, se presentan resultados para todos los tramos de la Red Vial Nacional, desagregados por rutas y secciones de control.

La primera tabla contiene los tráficos y niveles de servicio para un histórico cada 5 años hasta el año 2035 para el escenario tendencial, y la segunda tabla los ahorros de coste generalizado diarios para el escenario RVE Expansiva. En el *anexo de resultados* adjunto se explica de manera más específica el contenido de cada una de las tablas.

Los resultados del índice de niveles de servicio muestran un detalle del nivel de saturación según la capacidad de cada sección de control para toda la red vial nacional, a lo largo del histórico de años evaluados para el escenario tendencial.

Los resultados de los ahorros de coste generalizado diario, y como se puede ver en el *anexo, Marco Económico y Financiero del PNT, Evaluación Coste-Beneficio*, donde se valoran otros aspectos externos a los resultados del modelo como son las inversiones, permiten estimar un índice de prioridad a nivel de secciones de control para toda la red propuesta en el escenario RVE Expansiva.

Los resultados a nivel de secciones de control, se deben valorar con prudencia, este modelo se ha desarrollado para elaborar planes estratégicos de ámbito nacional, y por tanto no incluye un detalle del viario a este nivel, ni tránsitos locales o internos a las zonas de transporte evaluadas.

Algunas secciones, principalmente de rutas terciarias, no presentan asignación de tráfico, debido a que su tráfico es previsiblemente interno a las zonas de transporte.

En un modelo a nivel nacional, la evaluación primordial es para los flujos de largo recorrido entre zonas de transporte y por tanto para este caso, para las rutas primarias.

Por tanto, con el propósito de obtener un listado de proyectos priorizados más fiable, y tomando como referencia el escenario de la alternativa más beneficiosa, el RVE expansiva, se desarrollaron 15 nuevos escenarios para el horizonte temporal 2035.

Cada escenario se corresponde con uno de los tramos de la tramificación elaborada para los corredores y ejes básicos de la red alta capacidad, *capítulo 9.1.2. Carreteras, del documento Memoria del Plan*, que de ahora en adelante citaremos como "actuación".

A continuación se presenta un listado con las 15 actuaciones:

- 1 San José-Barranca [ruta 1]
- 2 San José-Barranca [rutas 27 y 23]
- 3 Barranca-Cañas [ruta 1]
- 4 Cañas-Peñas Blancas [ruta 1]
- 5 La Cruz-El Muelle de San Carlos [ruta 4]

- 6 El Muelle de San Carlos-Las Tablillas [ruta 35]
- 7 El Muelle de San Carlos-Palmare [ruta 35]
- 8 El Muelle de San Carlos-Siquirres [rutas 4 y 32]
- 9 Siquirres-Limón [ruta 32]
- 10 Limón-Sixola [ruta 36]
- 11 Siquirres-Cartago-San José [rutas 10, 2 y 39]
- 12 Cartago-San Isidro (Pérez Zeledón) [ruta 2]
- 13 San Isidro (Pérez Zeledón)-Ciudad Neily [rutas 2 y 237]
- 14 Dominical-Paso Canoas [rutas 34 y 2]
- 15 Pozón-Dominical [ruta 34]

Cada uno de estos 15 nuevos escenarios, mantiene la oferta de red de carreteras del escenario tendencial 2035, exceptuando la red correspondiente a cada actuación (links) que toma la oferta del escenario RVE Expansiva, como se explicará más adelante.

La manera de determinar cómo afecta cada una de estas 15 actuaciones (mejoras), es compararlas con un escenario en donde no se aplique ninguna mejora.

Para ello, se toma como escenario base o de comparación, el escenario tendencial 2035, es decir, el escenario que supone que la red de carreteras, seguirá como en la situación actual, con sus mismas características funcionales de oferta.

7. Escenarios 2035 con Actuación

7.1. Introducción

En este capítulo se presenta para cada uno de los 15 nuevos escenarios, la demanda, la oferta y el resultado luego de su respectiva asignación en el modelo.

7.2. Demanda

La matriz asignada a cada uno de los 15 escenarios, se corresponde con la demanda de vehículo privado en el año 2035, que equivale a un total de 792.252 vehículos/día.

7.3. Oferta

Las tarifas en todos los escenarios son las mismas y se corresponden con las proyectadas al año 2035, y son las que se indican en las tablas 50 y 51.

La oferta de red para cada uno de los escenarios con actuación, en general se corresponde con las características funcionales de la red de la situación actual (escenario tendencial), y en particular para cada actuación con las características funcionales de la nueva jerarquía

funcional estratégica planteada para este plan, como se muestra en el *capítulo 6.2. Escenarios Futuros de Oferta*.

La oferta para los tramos de cada actuación está asociada con la nueva clasificación de Red de Alta Capacidad (RAC), que en el horizonte 2035 debería tener características geométricas y funcionales de autopista, con velocidad de proyecto de 120 kilómetros por hora (suponiendo una velocidad comercial de 100 Km/hora), una pendiente longitudinal máxima del 6% y como mínimo 2 carriles por sentido.

En el modelo, estos cambios de funcionalidad se ven reflejados en los link pertenecientes a cada actuación, siguiendo la estructura de la base de datos de la red de carreteras, como se indica en el *capítulo 5.3.1. Modo Carretera*, de la siguiente manera:

- a. Velocidad_VP: velocidad media de vehículo privado (km/h). Cambiada a 100 Km/hora, solo en los link pertenecientes a cada actuación, y que tengan una velocidad menor en la situación actual.
- b. Tiempo_VP: tiempo estimado sobre la base de Velocidad_VP (minutos). Estimada con la nueva velocidad solo en los link pertenecientes a cada actuación.
- c. N_Carriles: Número de carriles/sentido de la sección. Cambiada a 2 carriles, solo en los link pertenecientes a cada actuación, y que tengan menos de 2 carriles en la situación actual.
- d. Pendiente: Pendiente en % de cada sección, que se corresponde a los rangos que incluyen la base de datos e indicados en la *Tabla 40, Capacidad para la red viaria según el tipo de ruta*. Cambiada a rango 2 (pendiente entre 5% y 8%), solo en los link pertenecientes a cada actuación, y que tengan un rango de 1 (pendiente en exceso del 7%) en la situación actual.
- e. Capacidad: Capacidad de vehículos por sección. Siguiendo el mismo procedimiento explicado en el *capítulo 5.3.1. Modo Carretera*, se estima la nueva capacidad para los link pertenecientes a cada actuación, debido a los anteriores cambios.

Es importante destacar, que para cada uno de los 15 nuevos escenarios ha sido necesario llevar a cabo un proceso por pasos, para cambiar cada uno de los cinco parámetros de la estructura de la base de datos de la red de carreteras, partiendo de una selección previa de los link pertenecientes a cada actuación.

A continuación presentamos un resumen de la oferta para una de las actuaciones, indicando las características medias de tiempo y capacidad para cada una de ellas, ya que

son las características funcionales que se asocian directamente al proceso de asignación en el modelo.

En las tablas presentadas para cada escenario se muestran los siguientes datos:

- (1) Longitud (km). Obtenida como resultado de la sumatoria de la longitud de todos los link que hacen parte de cada actuación.
- (2) Tiempo (minutos). Obtenida como resultado de la sumatoria del tiempo de todos los link que hacen parte de cada actuación.
- (3) Capacidad (vehículos/día). Obtenida como promedio de la capacidad de todos los link que hacen parte de cada actuación.

Igualmente se incluye en todas las tablas la oferta del escenario tendencial 2035, para mostrar las diferencias funcionales entre el escenario base o de comparación y cada escenario con actuación.

7.3.1. Escenario Actuación 1.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 1, entre San José y Barranca, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

Tabla 63. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 1. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos/día)	
Tendencial	Con Actuación	Tendencial	Con Actuación	Tendencial	Con Actuación
94	94	86	56	20.871	25.261

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio de la actuación que baja 29 minutos, así como un aumento en la capacidad media de 4.390 vehículos.

Figura 50. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 1.

Map showing the road network (Red de Carreteras) for the San José region, detailing the proposed scenario for 2035 (Escenario Actuación 1). The map displays various roads, including primary roads (red), secondary roads (yellow), tertiary roads (green), and maritime roads (blue). Key locations marked include San José, Alajuela, Heredia, and various cantons. The legend indicates the following categories:

- Esc. TENDENCIAL 2035
- Zonas de Transporte
- Principales Ciudades
- Red Vial Nacional
 - Ruta Primaria
 - Ruta Secundaria
 - Ruta Terciaria
 - Ruta Marítima
 - Actuación Tramo 1

Scale: 0 to 7.5 Kilometers.

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.2. Escenario Actuación 2.

En este escenario se mejoran las características funcionales de las rutas 27 y 23, entre San José y Barranca, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

En este escenario se mejoran las características funcionales de las rutas 27 y 23, entre San José y Barranca, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

Tabla 64. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 2. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos/día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
90	90	81	54	17.713	23.613

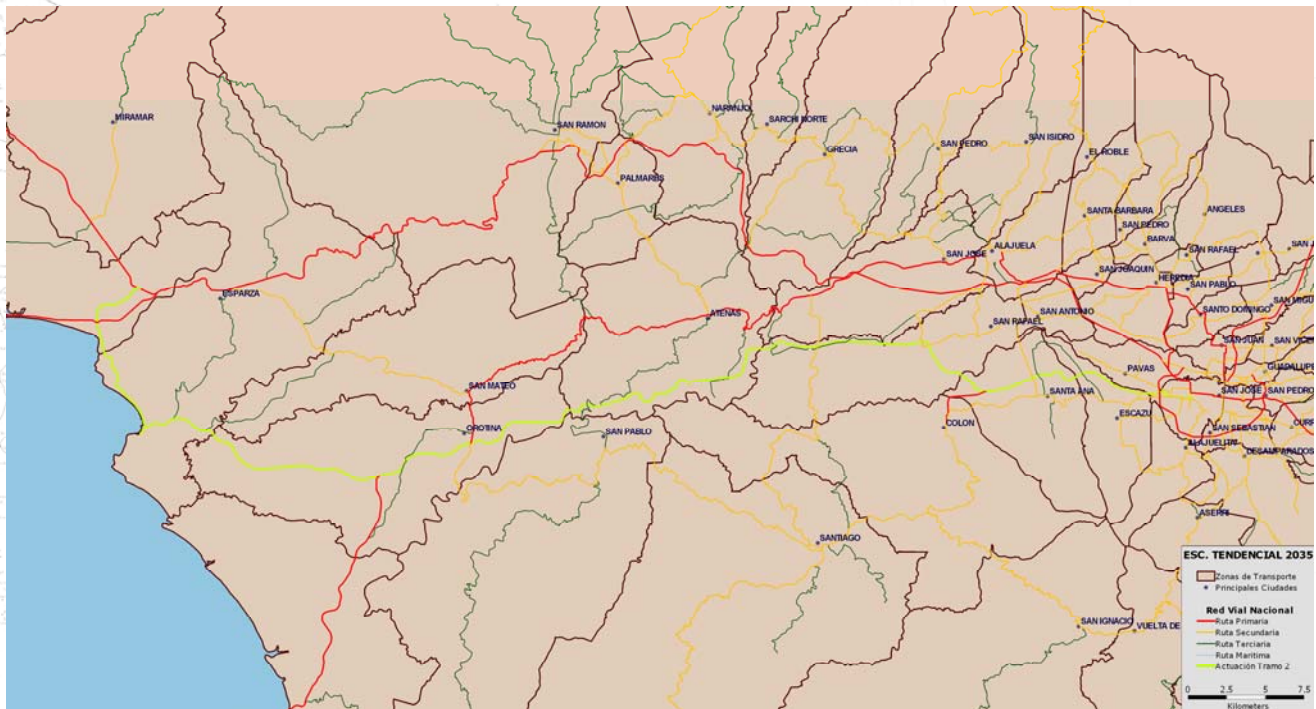
Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

140

Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

Figura 51. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 2.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.3. Escenario Actuación 3.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 1, entre Barranca y Cañas, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

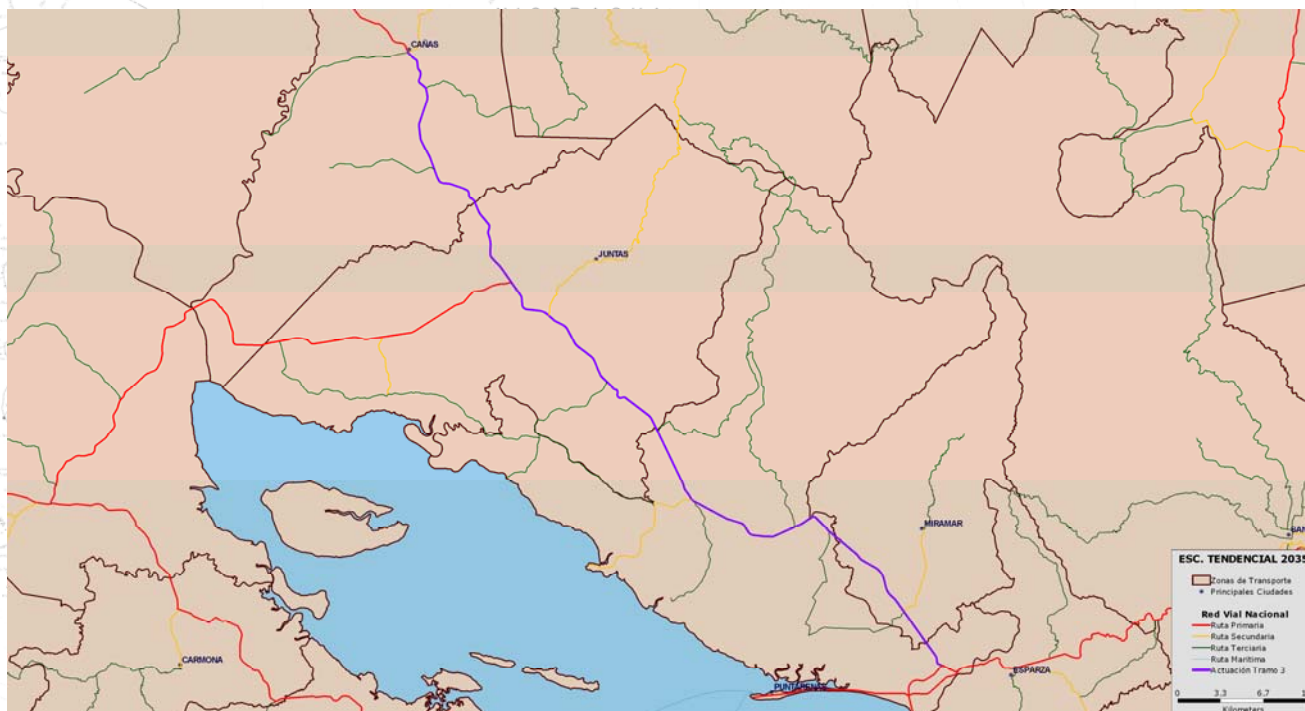
Tabla 65. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 3. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
71	71	59	43	11.270	22.836

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 16 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 11.566 vehículos.

Figura 52. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 3.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.4. Escenario Actuación 4.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 1, entre Cañas y Peñas Blancas, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

Tabla 66. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 4. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
124	124	101	75	10.848	23.091

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 26 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 12.243 vehículos.

Figura 53: Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 4.

ESC. TENDENCIAL 2035

- Zonas de Transporte
- Principales Ciudades

Red Vial Nacional

- Ruta Primaria
- Ruta Secundaria
- Ruta Terciaria
- Ruta Marítima
- Actuación 1 ramo 4

0 5 10 15
kilómetros

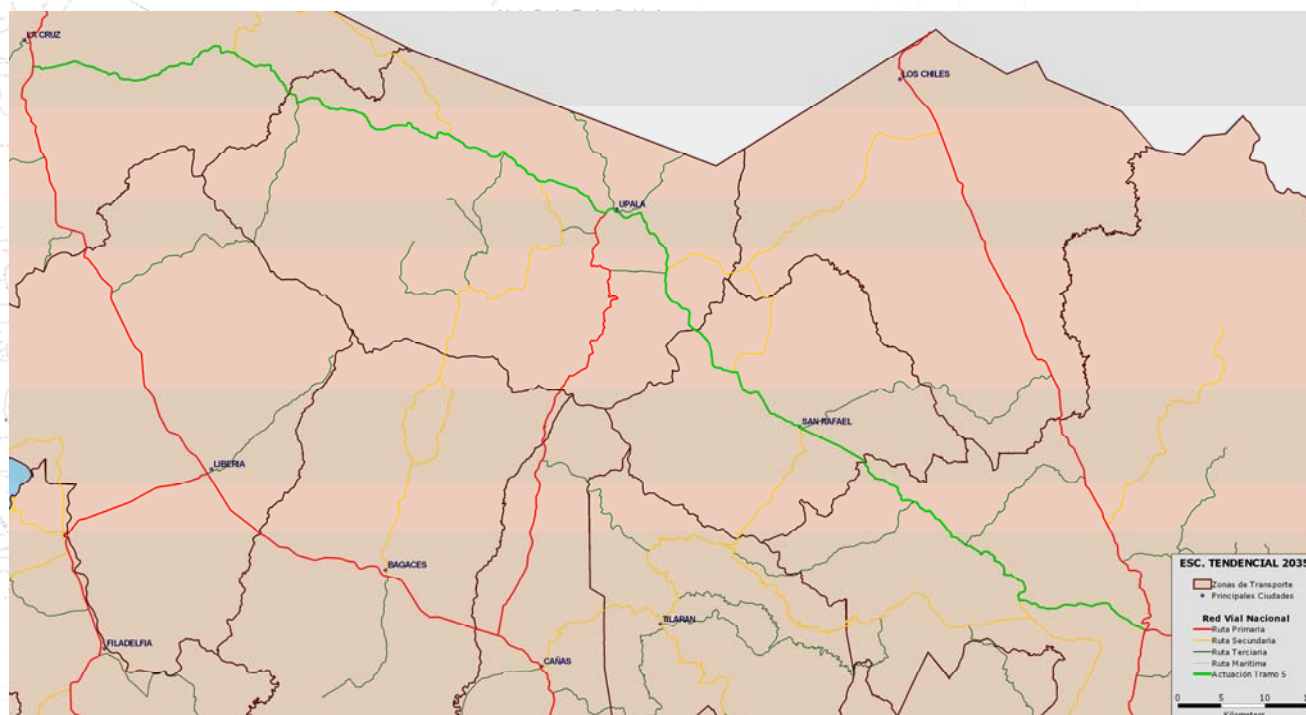
7.3.5. Escenario Actuación 5.

Tabla 67. Comparación de características funcionales, Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 5. Año 2035.

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

Figura 54. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 5.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.6. Escenario Actuación 6.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 35, entre El Muelle de San Carlos y Las Tablillas, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

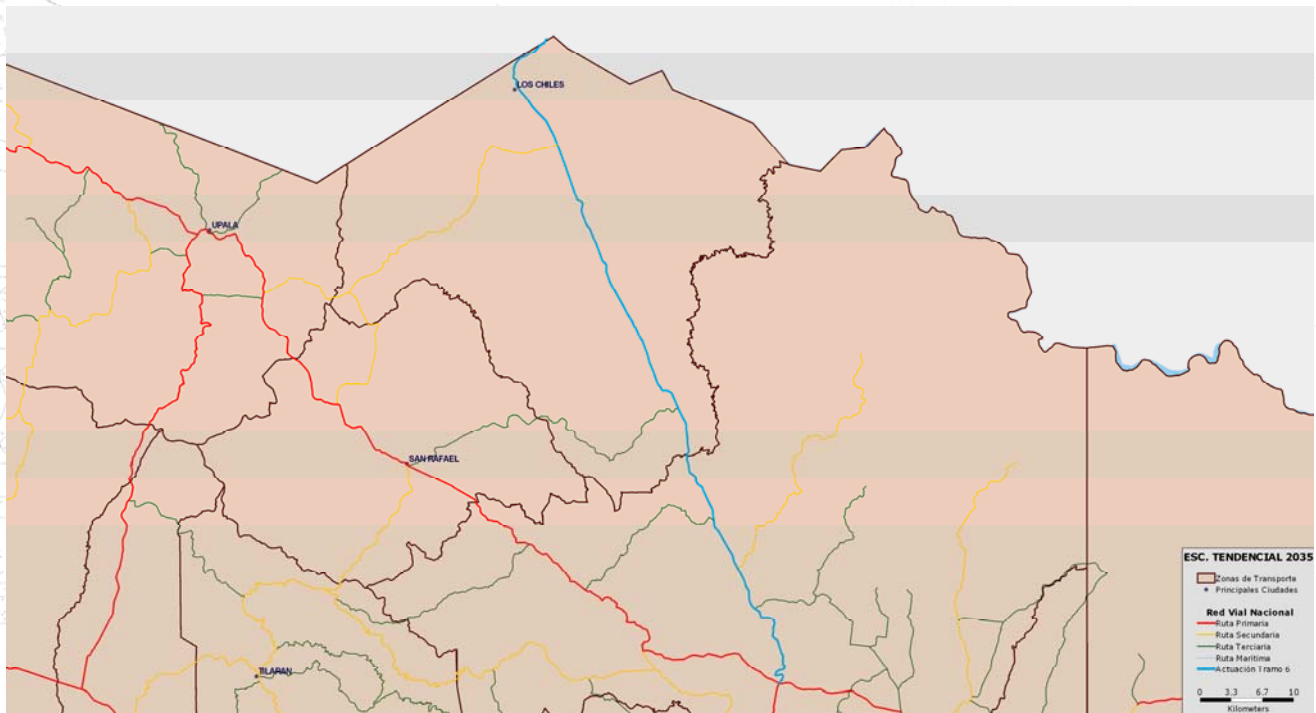
Tabla 68. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 6. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
81	81	71	49	11.375	11.550

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 23 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 175 vehículos.

Figura 55. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 6.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.7. Escenario Actuación 7.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 35 del tramo existente entre El Muelle de San Carlos y Quebrada Azul, y se agrega el nuevo tramo en proyecto entre Quebrada Azul y Palmares, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

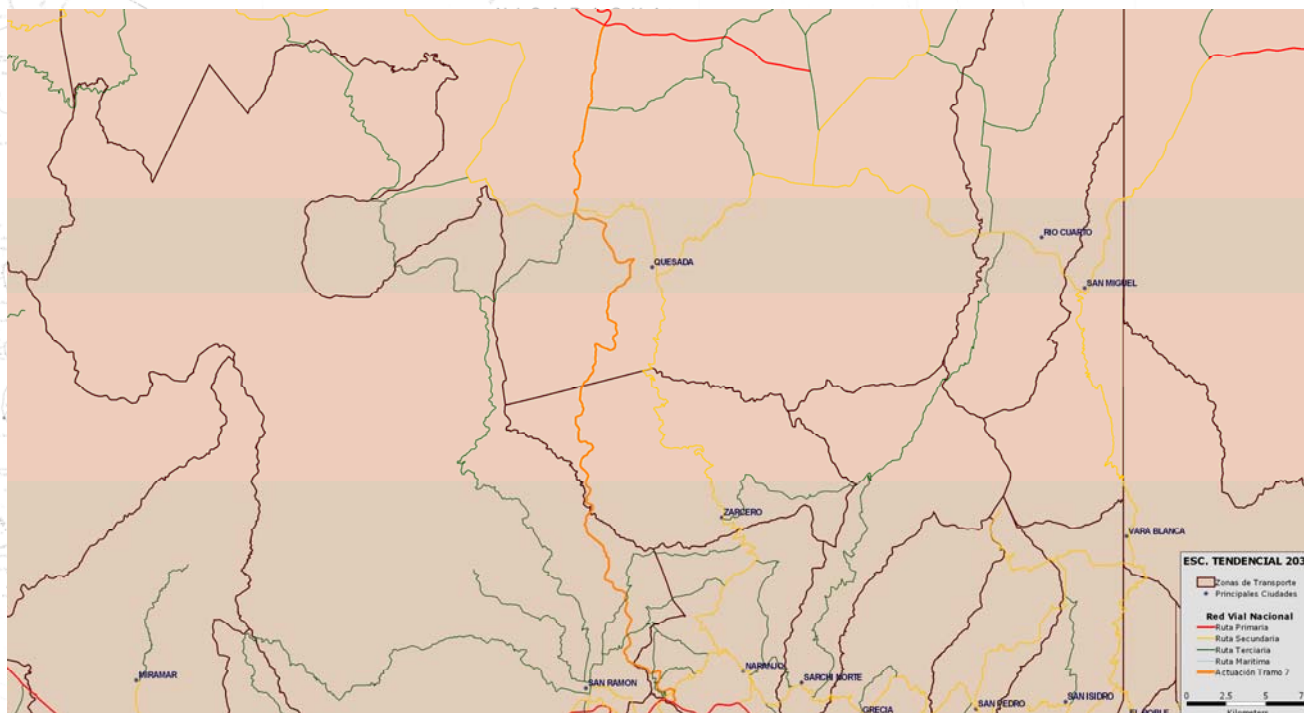
Tabla 69. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 7. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
74	57	102	34	10.187	22.624

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 67 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 12.437 vehículos. Igualmente mejora la longitud del recorrido que disminuye en 15 kilómetros.

Figura 56. Red de Carreteras. Detalle Escenario Actuación 7.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.8. Escenario Actuación 8.

En este escenario se mejoran las características funcionales de las rutas 4 y 32 existentes, entre El Muelle de San Carlos y Palmares, y se agrega el nuevo tramo de la ruta 4 entre Cooper y Chilamate, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

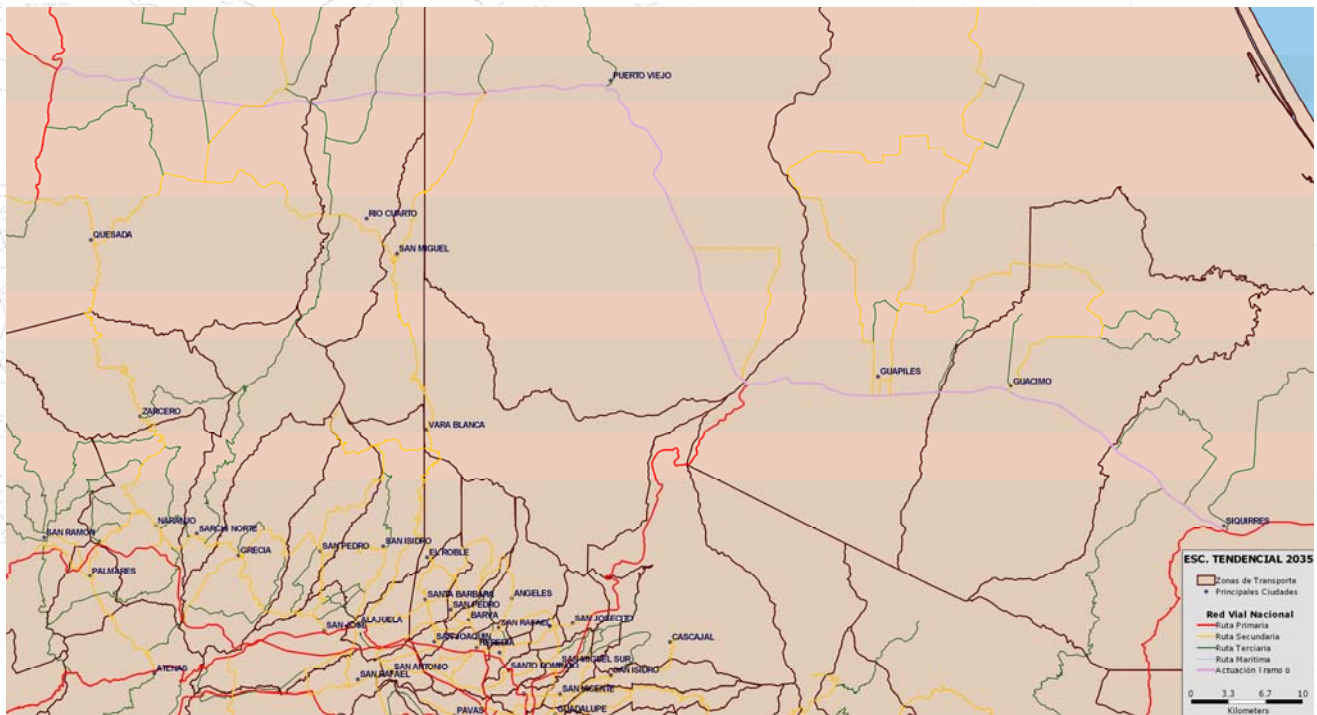
Tabla 70. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 8. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
153	129	133	77	11.552	24.493

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 56 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 12.940 vehículos. Igualmente se mejora la longitud de recorrido en 24 kilómetros.

Figura 57. Red de Carreteras. Escenario Actuación 8.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.9. Escenario Actuación 9.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 32, entre Siquirres y Limón, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

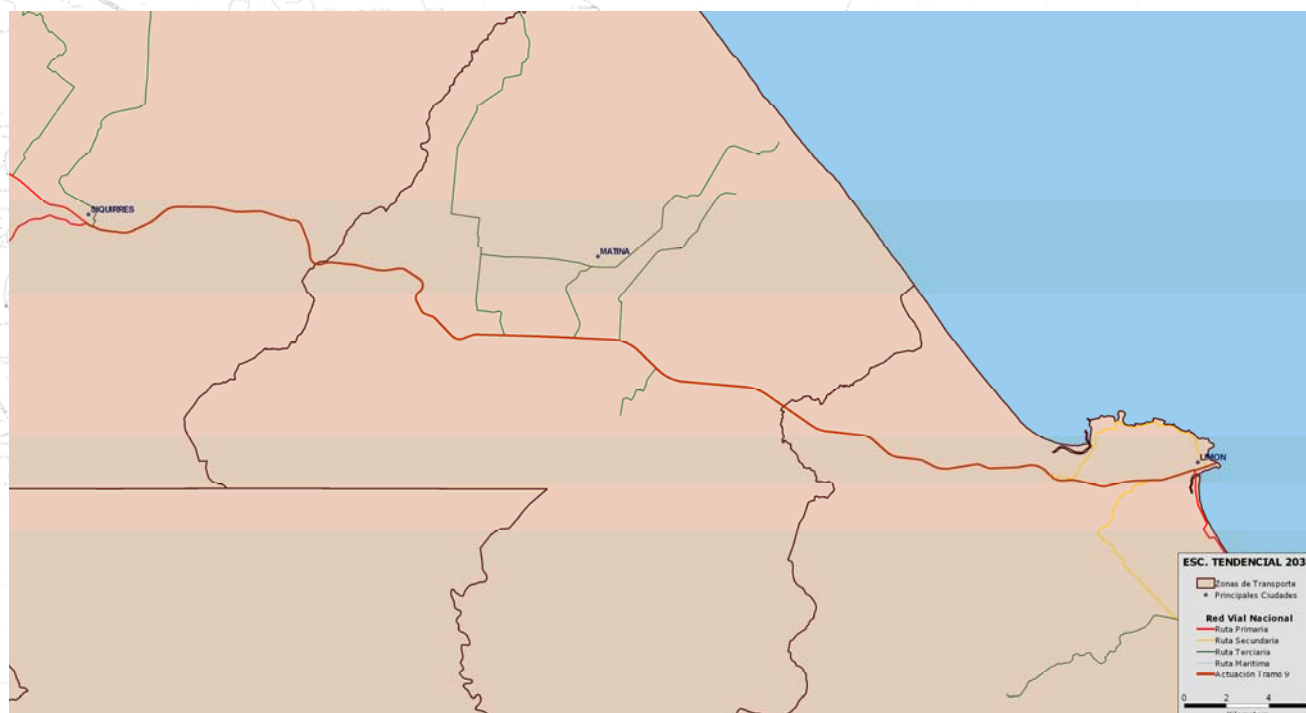
Tabla 71. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 9. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
60	60	49	36	11.620	23.620

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 13 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 12.000 vehículos.

Figura 58. Red de Carreteras. Escenario Actuación 9.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.10. Escenario Actuación 10.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 36, entre Limón y Sixaola, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

Tabla 72. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 10. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
93	93	88	56	11.242	11.556

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 32 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 314 vehículos.

Figura 59. Red de Carreteras. Actuación 10.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.11. Escenario Actuación 11.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 10 entre Siquirres y Cartago, la ruta 2 entre Cartago y San José, y la ruta 39, incluyendo su nuevo tramo, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

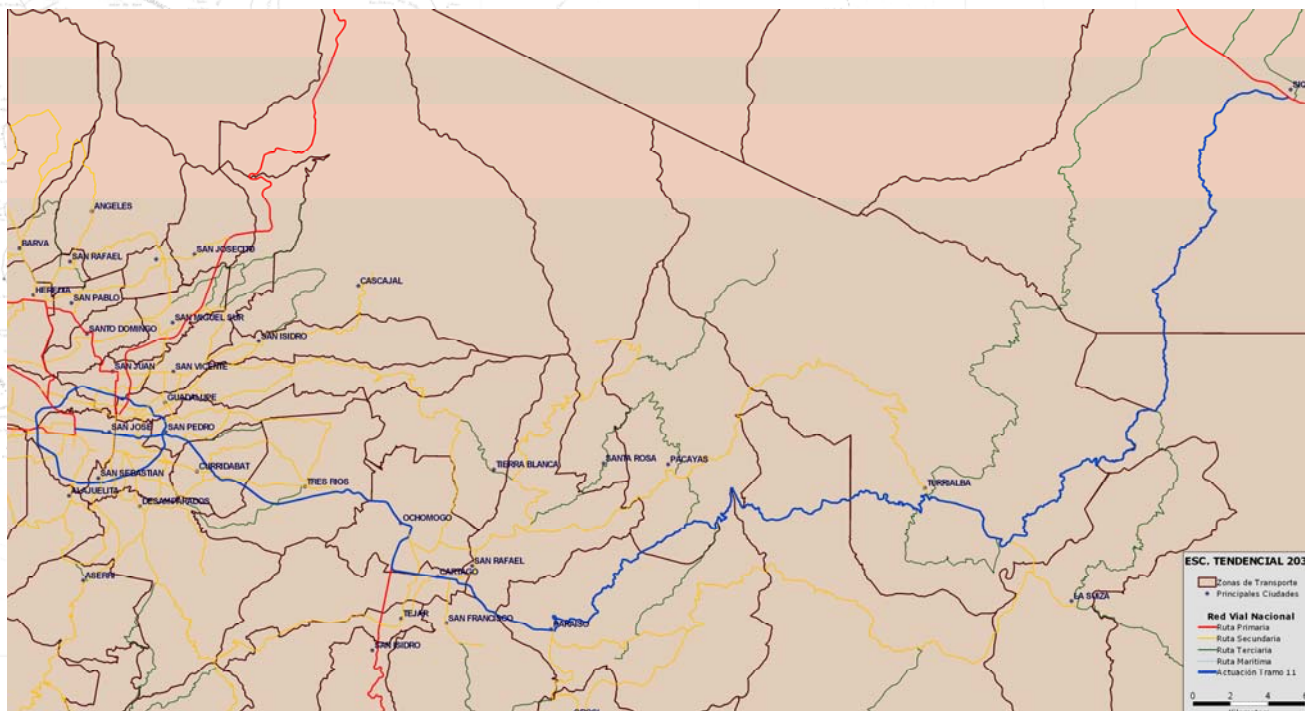
Tabla 73. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 11. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
132	133	146	84	23.404	27.161

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 62 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 3.757 vehículos. La distancia de recorrido del tramo es casi la misma que para la situación actual.

Figura 60. Red de Carreteras. Escenario Actuación 11.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.12. Escenario Actuación 12.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 2, entre Cartago y San Isidro (Pérez Zeledón), de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

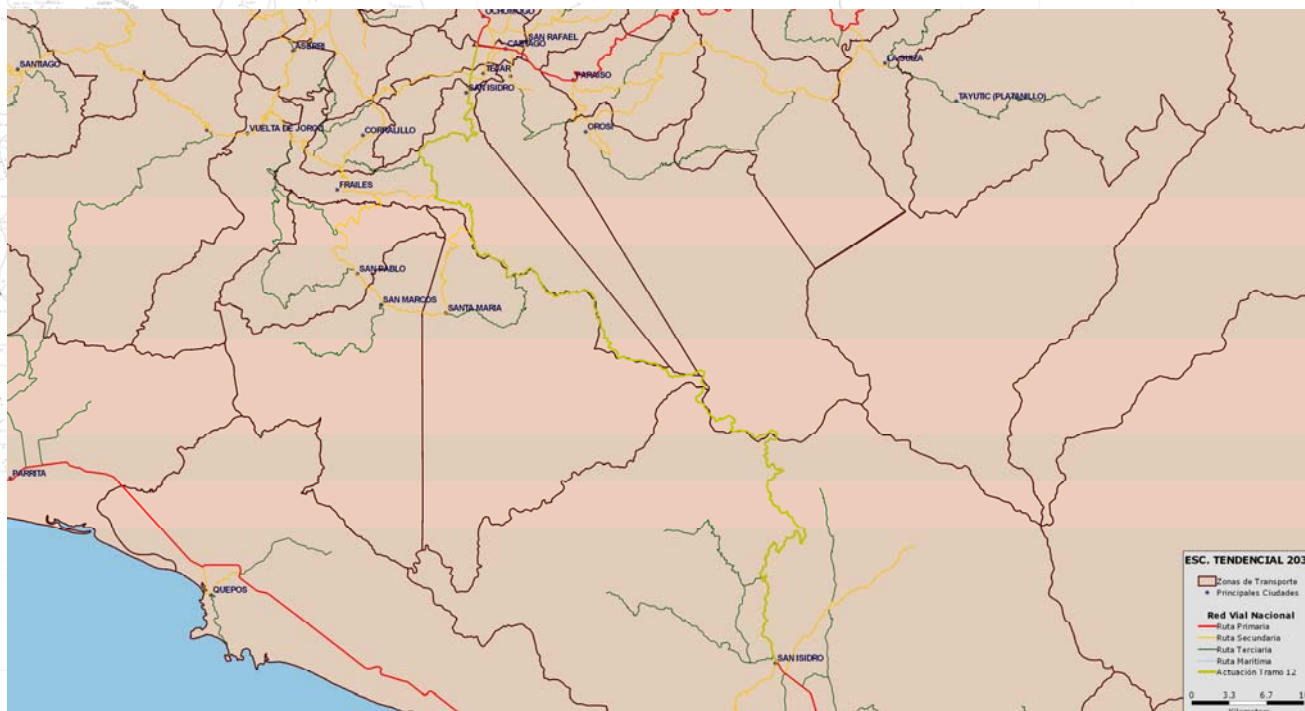
Tabla 74. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 12. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos/día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
113	113	130	68	9.131	12.070

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 62 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 2.939 vehículos.

Figura 61. Red de Carreteras. Escenario Actuación 12.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.13. Escenario Actuación 13.

En este escenario se mejoran las características funcionales de las rutas 2 y 237, entre San Isidro (Pérez Zeledón) y Ciudad Neily, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

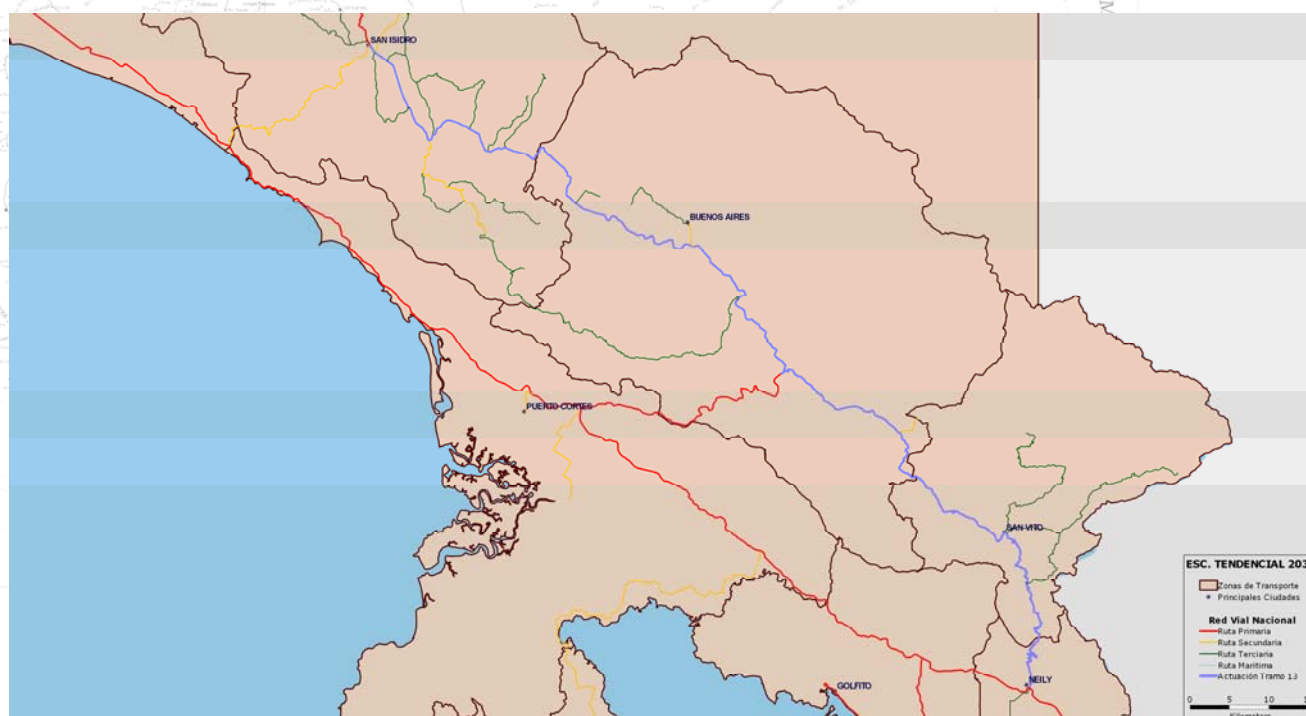
Tabla 75. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 13. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
165	165	183	99	13.190	13.562

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 84 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 371 vehículos.

Figura 62. Red de Carreteras. Escenario Actuación 13.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.14. Escenario Actuación 14.

En este escenario se mejoran las características funcionales de las rutas 2 y 34, entre Dominical y Paso Canoas, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

Tabla 76. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 14. Año 2035.

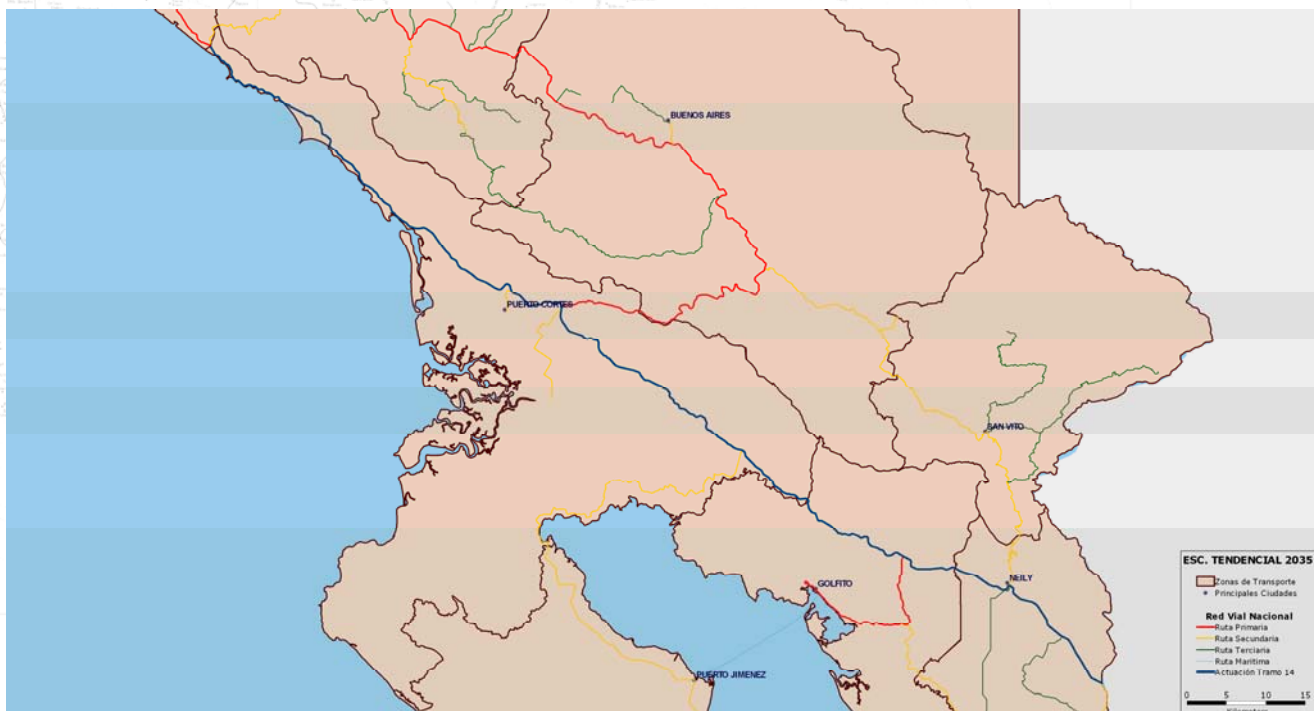
Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
154	154	127	92	11.492	11.643

Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 34 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 152 vehículos.

Figura 63. Red de Carreteras. Escenario Actuación 14.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.3.15. Escenario Actuación 15.

En este escenario se mejoran las características funcionales de la ruta 34, entre Pozón y Dominical, de manera que la velocidad comercial media y por tanto el tiempo, disminuye con la nueva actuación, y la capacidad media aumenta.

Tabla 77. Comparación de características funcionales. Escenario Tendencial Vs. Escenario Actuación 15. Año 2035.

Longitud (Km)		Tiempo (Minutos)		Capacidad (Vehículos / día)	
Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación	Sin Actuación	Con Actuación
143	143	155	86	11.642	23.107

Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

Las mejoras en el tramo implican, un tiempo de recorrido medio del tramo que baja 69 minutos, así como un aumento en la capacidad media del tramo de 11.465 vehículos.

Figura 64. Red de Carreteras. Escenario Actuación 15.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Modelo en TransCAD

7.4. Resultados

A continuación se presenta para cada uno de los escenarios una tabla con los resultados extraídos del modelo según su correspondiente asignación, seguido de figuras con los flujos de la red detallando el tramo de cada actuación.

En las tablas presentadas para cada escenario se muestran los siguientes resultados:

- (1) Longitud (km). Obtenida de la oferta de cada escenario, y se corresponde con la sumatoria de la longitud de todos los link que hacen parte de cada actuación.
- (2) Vehículos por Kilómetro (Vehículos/km). Obtenido como resultado de la asignación de cada escenario, y se corresponde con la sumatoria de los vehículos por kilómetro de todos los link que hacen parte de cada actuación.

(3) Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo). Obtenido como resultado de la asignación de cada escenario, y se corresponde con la sumatoria del coste generalizado de todos los link que hacen parte de cada actuación. Dicho coste se estima a partir de la formula que se indica en el capítulo 6.4. *Asignación y Resultados*:

$$CG_{link} = C_{link} + VOT * t_{link}$$

donde,

- C_{link} , es el coste por utilización de cada link de la red de carretera, en Colones, para el año 2035.
- VOT, es el valor del tiempo, 103,52 Colones/minuto, correspondientes al año 2035.
- T_{link} , es el tiempo de recorrido por la red de transporte de cada link, en minutos, resultante de la asignación correspondiente.

(4) Demanda por Actuación (Vehículos/Día). Es el resultado de dividir los vehículos por kilómetro, con la longitud total de cada actuación, obteniendo así la demanda media en vehículos/día por actuación.

7.4.1. Escenario Actuación 1.

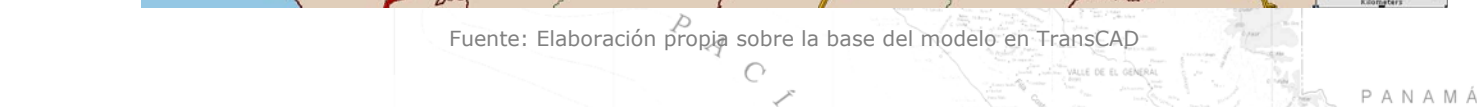
Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 1, correspondiente a la mejora en la ruta 1, en el tramo entre San José y Barranca.

Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 78. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 1

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
94	2.594.395	29.484	27.602

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD



7.4.2. Escenario Actuación 2.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 2, correspondiente a la mejora en las rutas 27 y 23, en el tramo entre San José y Barranca.

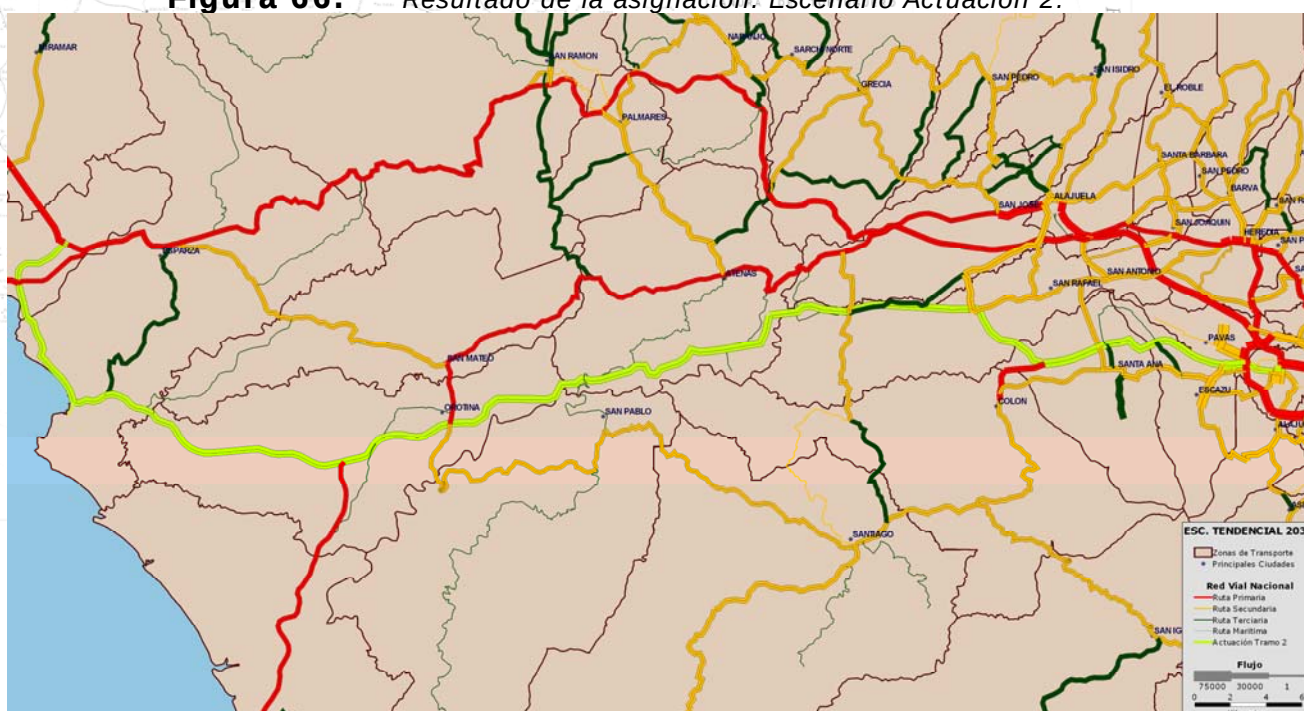
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 79. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 2

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
90	2.244.361	28.362	25.039

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 66. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 2.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

PANAMÁ

7.4.3. Escenario Actuación 3.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 3, correspondiente a la mejora en la ruta 1, en el tramo entre Barranca y Cañas.

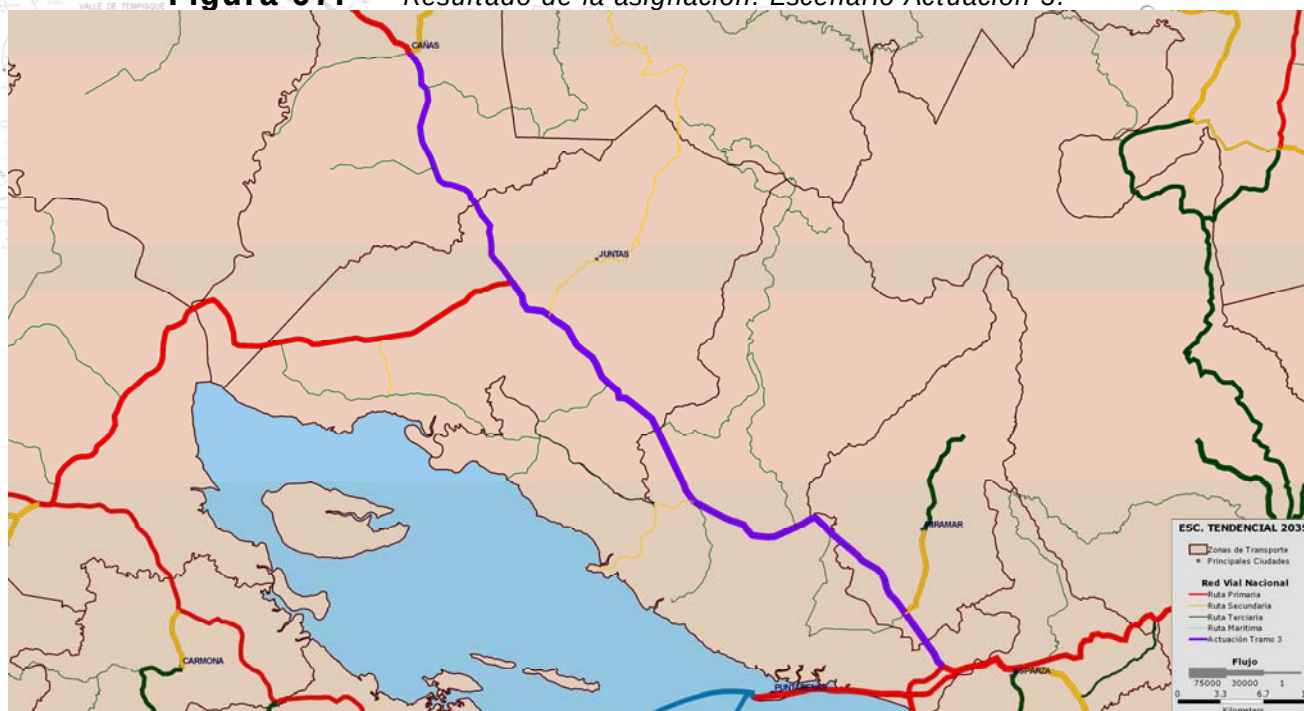
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 80. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 3

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
71	1.353.533	20.981	19.036

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 67. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 3.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.4. Escenario Actuación 4.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 4, correspondiente a la mejora en la ruta 1, en el tramo entre Cañas y Peñas Blancas.

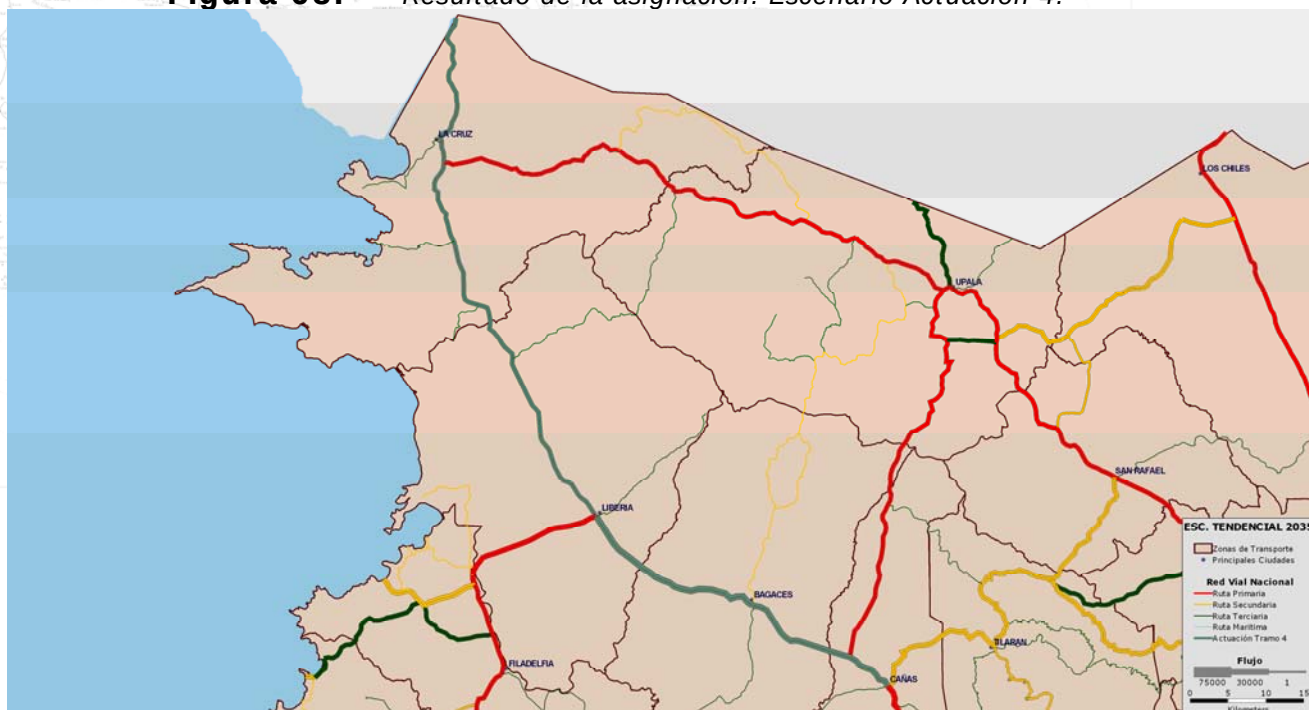
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 81. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 4

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos / Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones / Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos / día)
124	839.338	33.744	6.742

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 68. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 4.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.5. Escenario Actuación 5.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 5, correspondiente a la mejora en la ruta 4, en el tramo entre La Cruz y El muelle de San Carlos.

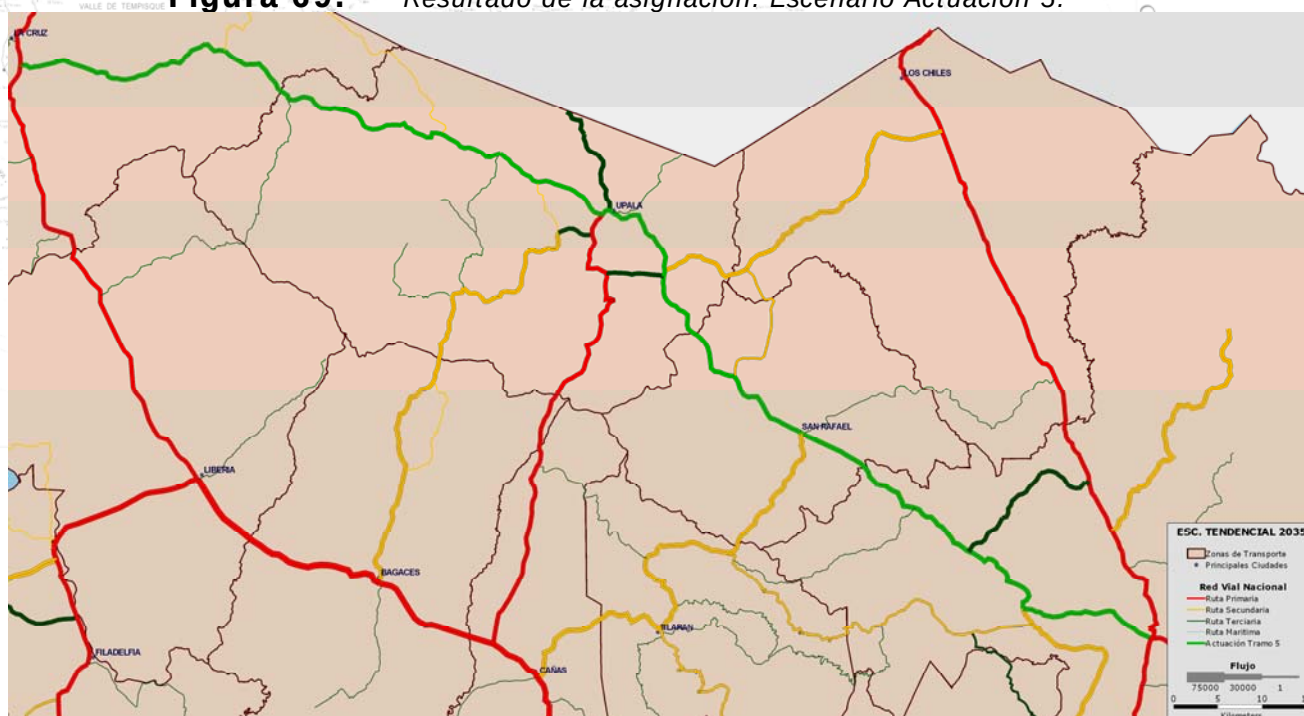
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 82. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 5

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos / Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones / Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos / día)
172	298.691	45.850	1.736

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 69. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 5.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.6. Escenario Actuación 6.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 6, correspondiente a la mejora en la ruta 35, en el tramo entre El muelle de San Carlos y Las Tablillas.

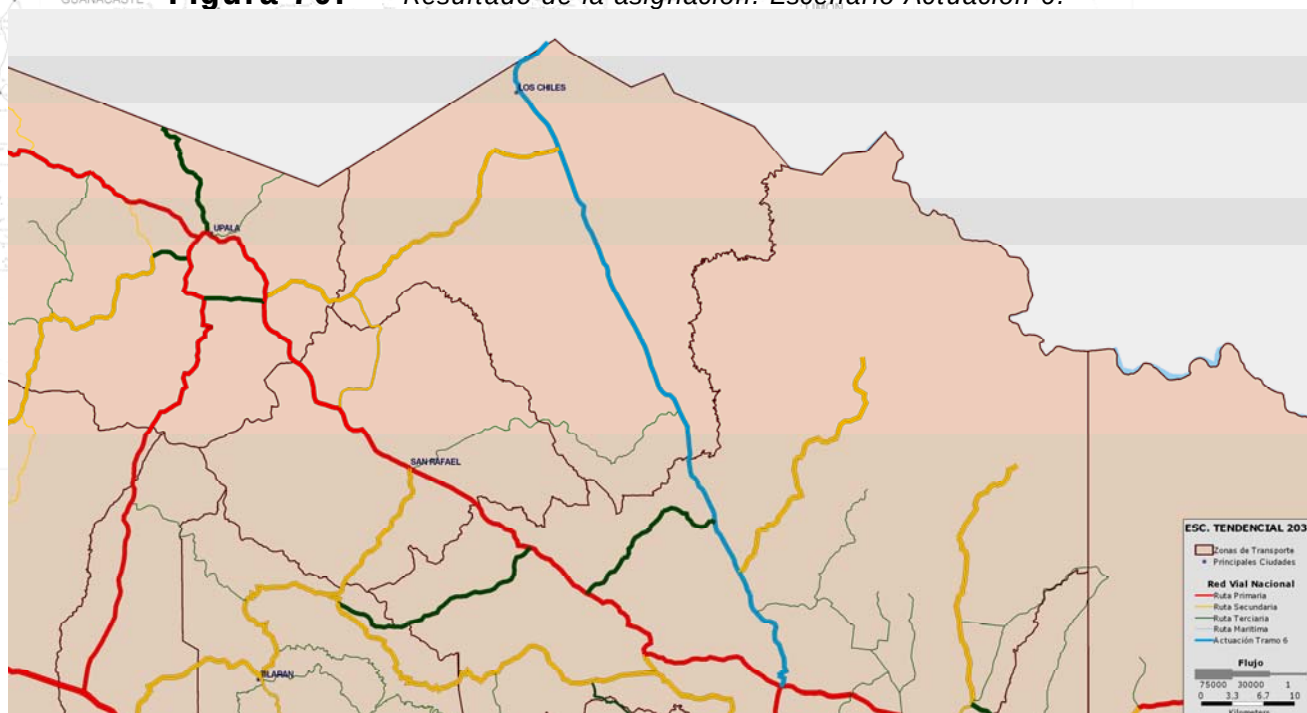
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 83. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 6

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
81	79.667	21.379	982

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 70. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 6.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.7. Escenario Actuación 7.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 7, correspondiente a la mejora en la ruta 35, en el tramo entre El muelle de San Carlos y Palmares.

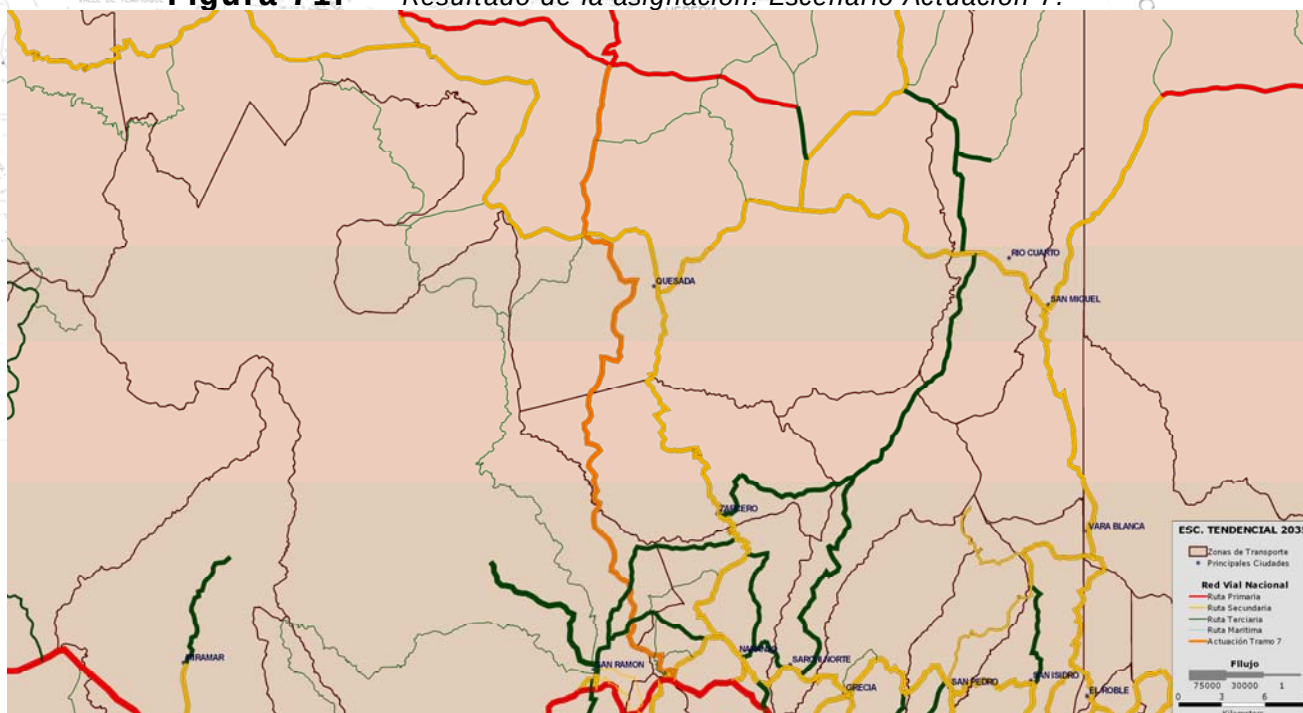
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 84. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 7

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
57	334.290	15.487	5.865

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 71. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 7.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.8. Escenario Actuación 8.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 8, correspondiente a la mejora en las ruta 4 y 32, en el tramo entre El muelle de San Carlos y Siquirres.

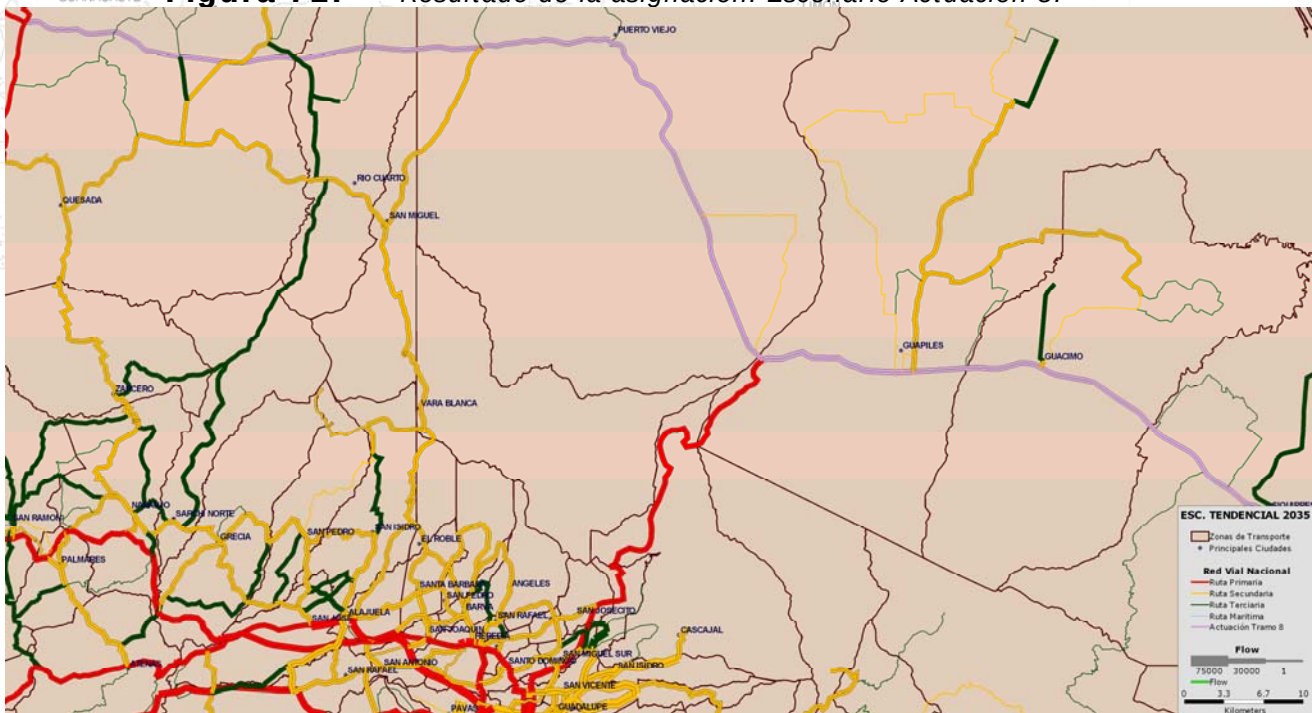
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 85. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 8

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
129	537.368	34.467	4.167

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 72. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 8.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.9. Escenario Actuación 9.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 9, correspondiente a la mejora en la ruta 32, en el tramo entre Siquirres y Limón.

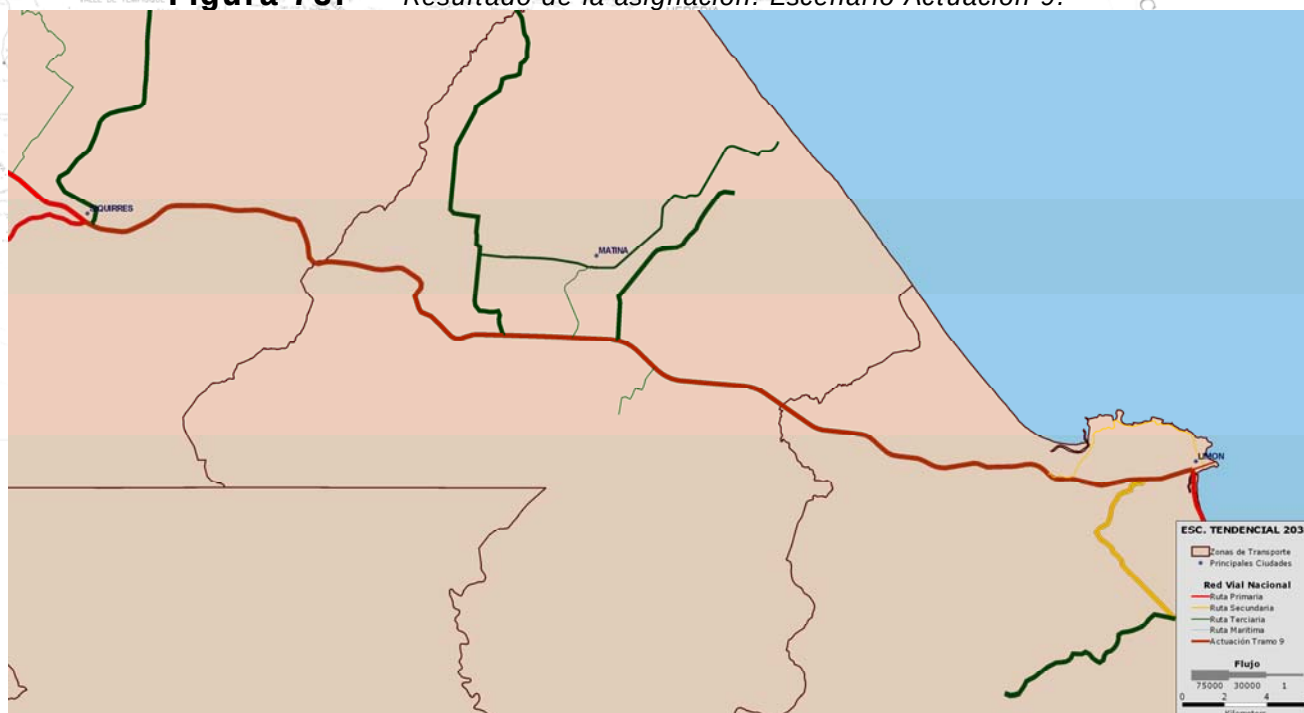
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 86. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 9

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
60	186.121	15.862	3.113

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 73. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 9.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.10. Escenario Actuación 10.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 10, correspondiente a la mejora en la ruta 36, en el tramo entre Limón y Sixaola.

Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 87. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 10

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
93	123.750	24.596	1.329

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 74. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 10.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.11. Escenario Actuación 11.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 11, correspondiente a la mejora en las rutas 2, 10 y 39, en el tramo entre Siquirres y San José.

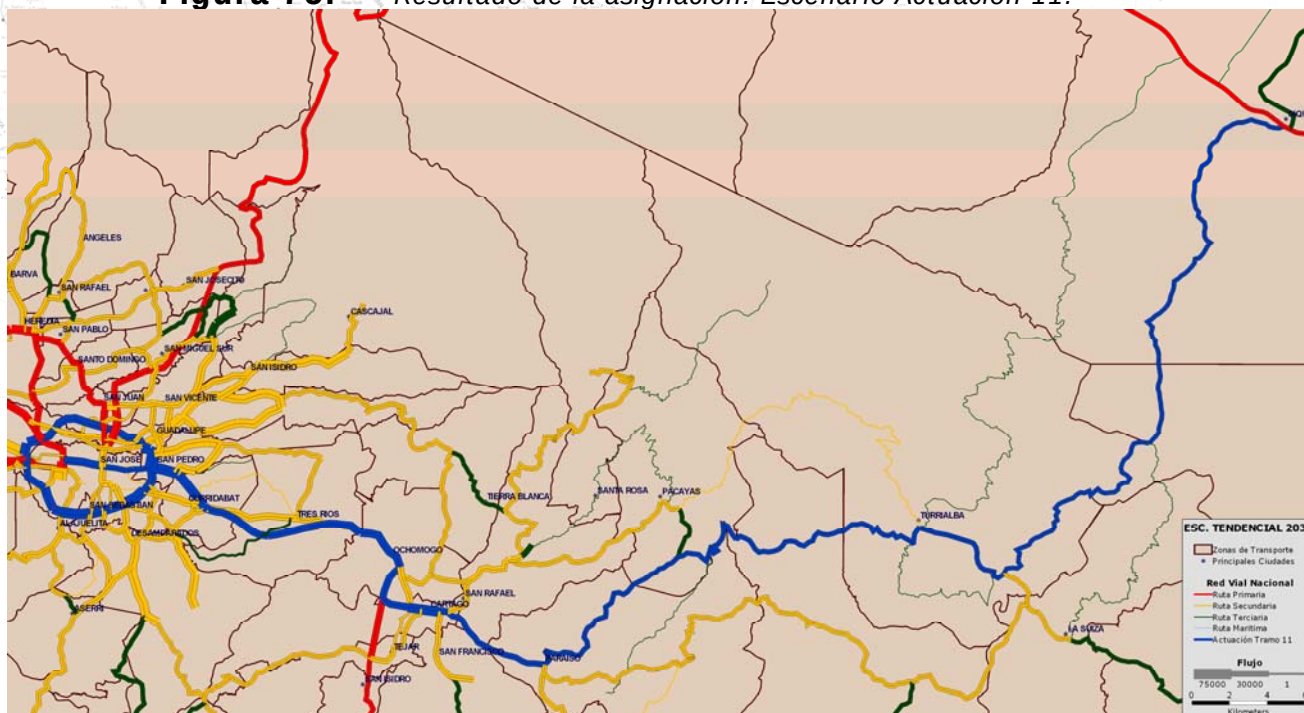
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 88. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 11

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos / Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones / Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos / día)
133	2.108.159	38.465	15.904

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 75. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 11.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.12. Escenario Actuación 12.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 12, correspondiente a la mejora en la ruta 2, en el tramo entre Cartago y San Isidro (Perez Zeledón).

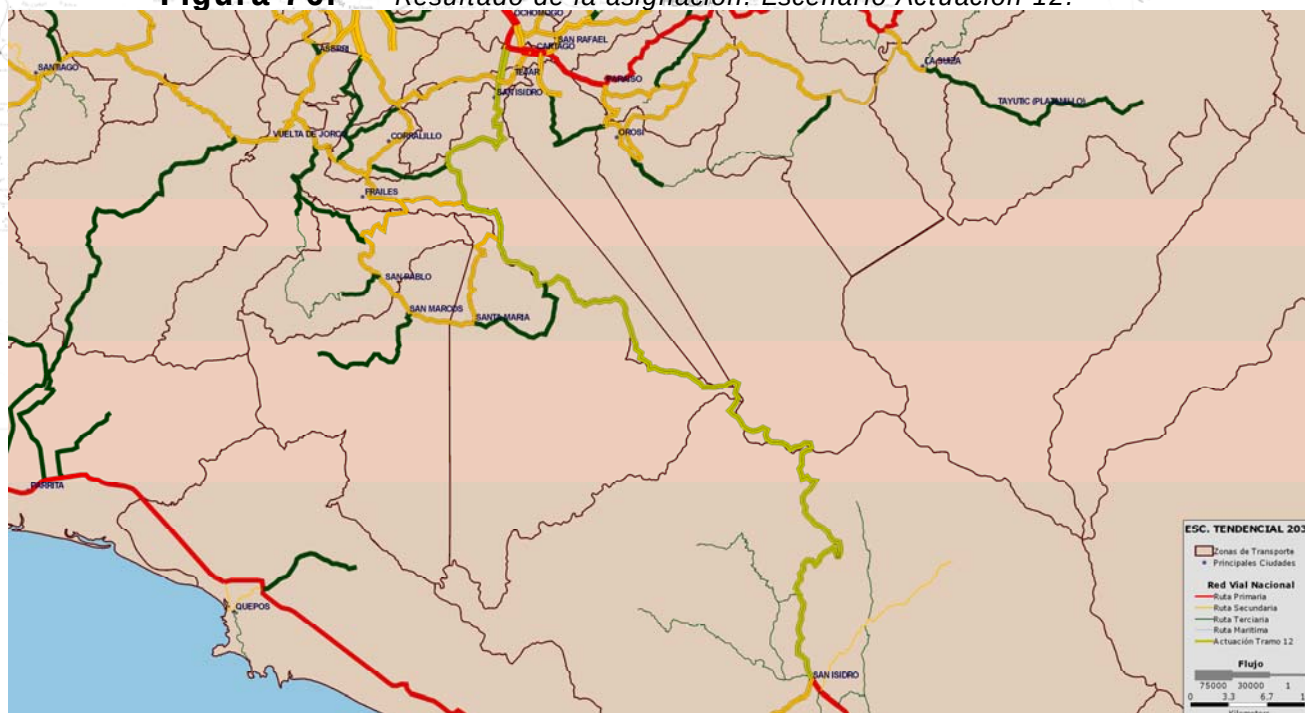
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 89. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 12

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos / Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones / Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos / día)
113	1.122.236	33.395	9.935

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 76. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 12.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.13. Escenario Actuación 13.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 13, correspondiente a la mejora en las rutas 2 y 237, en el tramo entre San Isidro (Perez Zeledón) y Ciudad Neily.

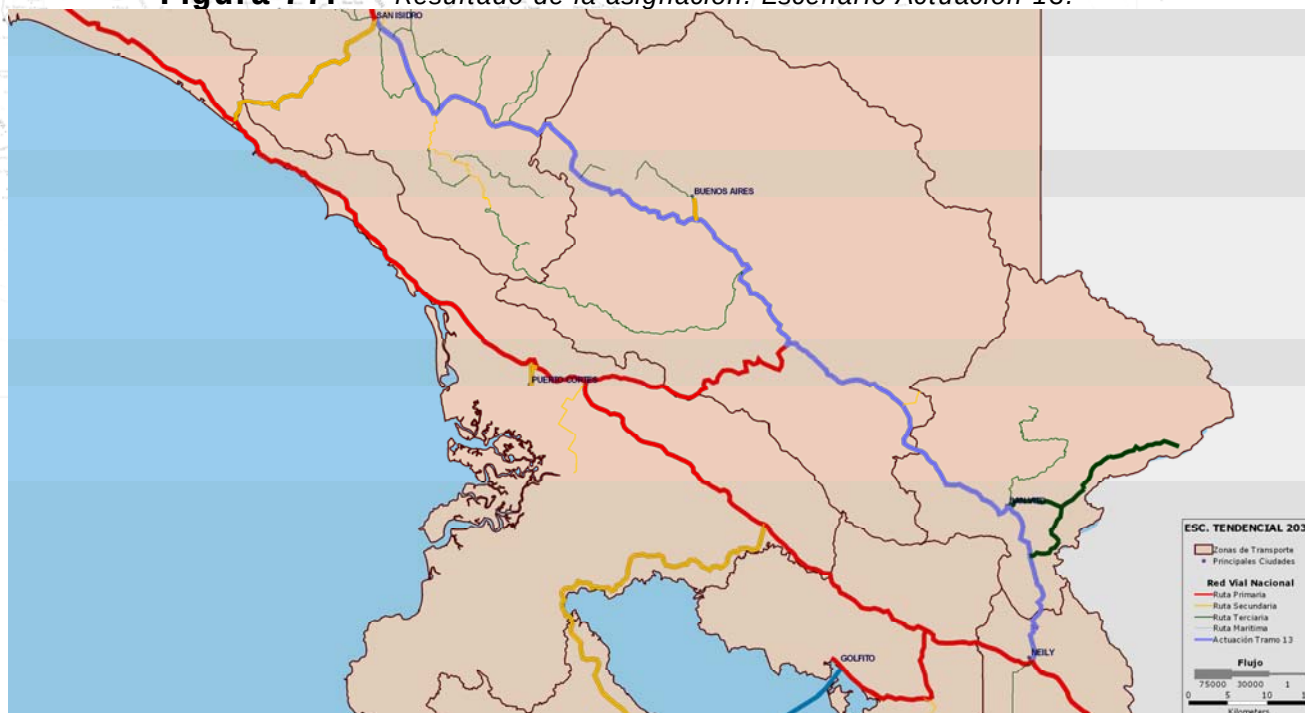
Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 90. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 13

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos / Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones / Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos / día)
165	418.730	44.368	2.539

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 77. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 13.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.14. Escenario Actuación 14.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 14, correspondiente a la mejora en las rutas 2 y 34, en el tramo entre Dominical y Paso Canoas.

Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 91. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 14

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos / Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones / Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos / día)
154	552.405	41.990	3.587

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 78. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 14.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.4.15. Escenario Actuación 15.

Estos resultados se obtienen de la asignación de la matriz de demanda en vehículos/día del año 2035, en la oferta del escenario actuación 15, correspondiente a la mejora en la ruta 34, en el tramo entre Pozón y Dominical.

Los resultados son los correspondientes a los link que incluye la actuación.

Tabla 92. Resultados de la asignación. Escenario Actuación 15

Longitud (Km)	Vehículos por Kilómetro (Vehículos/Km)	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda por Actuación (vehículos/día)
143	547.172	38.055	3.827

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

Figura 79. Resultado de la asignación. Escenario Actuación 15.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

7.5. Comparación de Resultados de Escenarios con Actuaciones

En este apartado obtendremos un orden de prioridad inicial teniendo en cuenta solamente los resultados dados por el modelo.

Posteriormente y como se puede ver en el *anexo, Marco Económico y Financiero del PNT, Evaluación Coste-Beneficio*, de forma externa al modelo y partiendo de los resultados presentados en este capítulo, se obtiene un listado de prioridad incluyendo otros aspectos, como por ejemplo la inversión que requiere cada una de las actuaciones.

Presentamos a continuación una tabla con un resumen de los resultados, comparando el escenario tendencial y cada uno de los escenarios por actuación, con los siguientes datos:

- (1) Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo). Obtenido como resultado de la asignación de cada escenario, y se corresponde con la sumatoria del coste generalizado de todos los link que hacen parte de cada actuación. Para el escenario tendencial y cada uno de los escenarios con actuación, estimados con la formula que se indica en el capítulo 6.4 Asignación y Resultados:

$$CG_{link} = C_{link} + VOT * t_{link}$$

donde,

- C_{link} , es el coste por utilización de cada link de la red de carretera, en Colones, para el año 2035.
- VOT, es el valor del tiempo, 103,52 Colones/minuto, correspondientes al año 2035.
- T_{link} , es el tiempo de recorrido por la red de transporte de cada link, en minutos, resultante de la asignación correspondiente.

- (2) Ahorro de Coste por Actuación (Colones/Vehículo). Diferencia entre el coste generalizado para el escenario tendencial (sin actuación) y cada uno de los escenarios con actuación.

- (3) Demanda Escenario con Actuación (Vehículos/Día). Se corresponde con la demanda media de vehículos al día, para cada una de las actuaciones que se quieren evaluar.

- (4) Ahorro de Coste Total Diario (Colones/Día). Se estima a partir de la demanda diaria para cada actuación y su respectivo ahorro de coste por vehículo, de esta manera se obtiene el ahorro diario de coste por la implementación de cada una de las 15 actuaciones evaluadas.

Tabla 93. Resultados de la asignación. Comparación Escenario Tendencial Vs. Escenarios con Actuación. Año 2035

ACTUACIÓN	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)		Ahorro de Coste por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda Escenario con Actuación (vehículos/día)	Ahorro de Coste Total Diario (Colones/Día)
	Tendencial	Con Actuación			
1	33.327	29.484	3.843	27.602	106.072.437
2	33.582	28.362	5.220	25.039	130.707.948
3	26.309	20.981	5.328	19.036	101.428.703
4	38.987	33.744	5.243	6.742	35.346.768

ACTUACIÓN	Coste Generalizado por Actuación (Colones/Vehículo)		Ahorro de Coste por Actuación (Colones/Vehículo)	Demanda Escenario con Actuación (vehículos/día)	Ahorro de Coste Total Diario (Colones/Día)
	Tendencial	Con Actuación			
5	52.760	45.850	6.910	1.736	11.992.890
6	23.816	21.379	2.437	982	2.393.939
7	25.456	15.487	9.969	5.865	58.470.837
8	46.476	34.467	12.010	4.167	50.041.586
9	17.726	15.862	1.864	3.113	5.801.331
10	28.010	24.596	3.413	1.329	4.537.729
11	47.688	38.465	9.223	15.904	146.691.254
12	46.675	33.395	13.280	9.935	131.936.011
13	52.914	44.368	8.546	2.539	21.697.823
14	45.953	41.990	3.963	3.587	14.215.869
15	47.216	38.055	9.162	3.827	35.064.939

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

De esta forma se puede decir, que teniendo en cuenta el ahorro de costes diario las cinco actuaciones más beneficiosas para la red de carreteras, son en orden de prioridad la 11, la 12, la 2, la 1 y la 3.

Sin embargo, también es importante para definir una prioridad inicial, tener en cuenta cuál de ellas presenta una mayor demanda, ya que serán mayores los usuarios beneficiados.

Por tanto, se considera conveniente realizar un análisis multicriterio como herramienta para estimar el listado de prioridad de actuaciones inicial, de manera que se valoren conjuntamente los dos factores, el ahorro de costes diario y la demanda, siguiendo los siguientes criterios:

- Los valores de ahorro de coste total diario, varían entre aproximadamente, 2 y 146 millones de colones, siendo mejor el mayor valor de ahorro. La puntuación bajo este criterio se ha realizado asignando 5 puntos al mayor valor (146 millones) y 0 puntos al menor (2 millones). Los valores intermedios se han puntuado por interpolación lineal entre éstos.
- Los valores de demanda diaria, varían entre aproximadamente, 1.000 y 27.000 vehículos, suponiendo es mejor un mayor número de vehículos, debido a que serán mayores los usuarios beneficiados. La puntuación bajo este criterio se ha realizado asignando 5 puntos al mayor (27.000) y 0 puntos al menor (1.000). Los valores intermedios se han puntuado por interpolación lineal entre éstos.

Según los criterios descritos anteriormente se presenta en la siguiente tabla, el resultado del multicriterio, con la puntuación obtenida para cada una de las 15 actuaciones analizadas.

Tabla 94. Resultados del Análisis Multicriterio

NÚMERO DE ACTUACIÓN Y DEFINICIÓN	PUNTUACIÓN SEGÚN		PUNTUACIÓN TOTAL
	Demanda	Ahorro Coste Total	
1. San José-Barranca [ruta 1]	5,00	3,60	8,60
2. San José-Barranca [rutas 27 y 23]	4,82	4,45	9,28
3. Barranca-Cañas [ruta 1]	3,62	3,44	7,06
4. Cañas-Peñas Blancas [ruta 1]	1,16	1,14	2,31
5. La Cruz-El Muelle de San Carlos [ruta 4]	0,16	0,33	0,50
6. El Muelle de San Carlos-Las Tablillas [ruta 35]	0,00	0,00	0,00
7. El Muelle de San Carlos-Palmare [ruta 35]	0,99	1,95	2,93
8. El Muelle de San Carlos-Siquirres [rutas 4 y 32]	0,65	1,65	2,30
9. Siquirres-Limón [ruta 32]	0,44	0,12	0,56
10. Limón-Sixola [ruta 36]	0,08	0,07	0,16
11. Siquirres-Cartago-San José [rutas 10, 2 y 39]	3,00	5,00	8,00
12. Cartago-San Isidro (Pérez Zeledón) [ruta 2]	1,80	4,50	6,30
13. San Isidro (Pérez Zeledón)-Ciudad Neily [rutas 2 y 237]	0,32	0,67	0,99
14. Dominical-Paso Canoas [rutas 34 y 2]	0,53	0,41	0,94
15. Pozón-Dominical [ruta 34]	0,58	1,13	1,71

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD

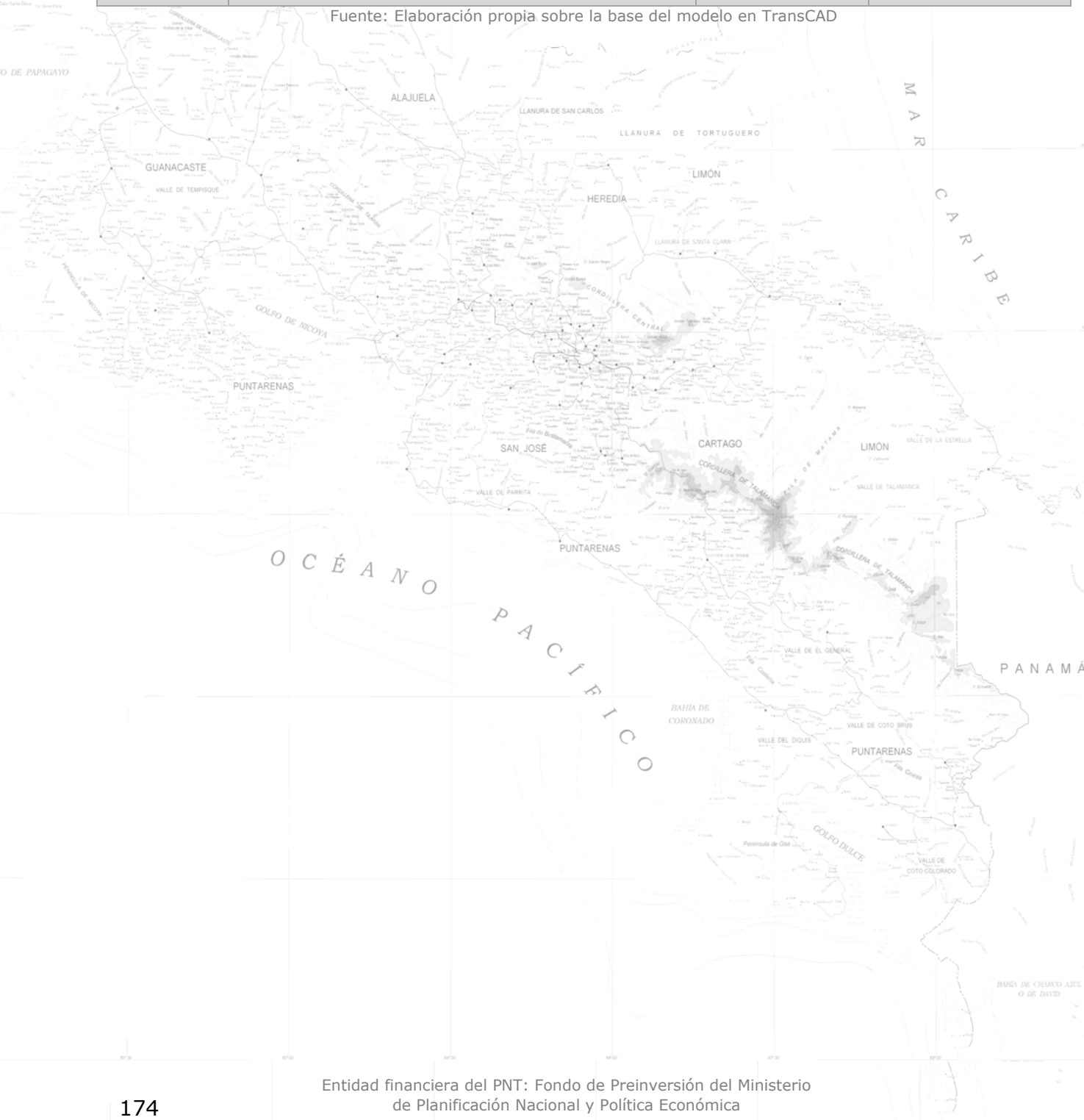
Si siguiendo el resultado de la puntuación total del anterior análisis multicriterio, se obtiene el siguiente listado de prioridad de actuaciones inicial, que como ya se ha mencionado tiene en cuenta solamente los datos obtenidos como resultado de las diferentes asignaciones en el modelo del PNT de Costa Rica.

Tabla 95. Listado de prioridad de actuaciones inicial

ORDEN PRIORIDAD	NÚMERO DE ACTUACIÓN Y DEFINICIÓN	Ahorro de Coste Total Diario (Colones / Día)	Demanda Escenario con Actuación (vehículos / día)
1	2. San José-Barranca [rutas 27 y 23]	130.707.948	25.039
2	1. San José-Barranca [ruta 1]	106.072.437	27.602
3	11. Siquirres-Cartago-San José [rutas 10, 2 y 39]	146.691.254	15.904
4	3. Barranca-Cañas [ruta 1]	101.428.703	19.036
5	12. Cartago-San Isidro (Pérez Zeledón) [ruta 2]	131.936.011	9.935
6	7. El Muelle de San Carlos-Palmare [ruta 35]	58.470.837	5.865
7	4. Cañas-Peñas Blancas [ruta 1]	35.346.768	6.742
8	8. El Muelle de San Carlos-Siquirres [rutas 4 y 32]	50.041.586	4.167
9	15. Pozón-Dominical [ruta 34]	35.064.939	3.827
10	13. San Isidro (Pérez Zeledón)-Ciudad Neily [rutas 2 y 237]	21.697.823	2.539
11	14. Dominical-Paso Canoas [rutas 34 y 2]	14.215.869	3.587
12	9. Siquirres-Limón [ruta 32]	5.801.331	3.113

ORDEN PRIORIDAD	NÚMERO DE ACTUACIÓN Y DEFINICIÓN	Ahorro de Coste Total Diario (Colones / Día)	Demanda Escenario con Actuación (vehículos / día)
13	5. La Cruz-El Muelle de San Carlos [ruta 4]	11.992.890	1.736
14	10. Limón-Sixaola [ruta 36]	4.537.729	1.329
15	6. El Muelle de San Carlos-Las Tabillas [ruta 35]	2.393.939	982

Fuente: Elaboración propia sobre la base del modelo en TransCAD



Entidad financiera del PNT: Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica