

PUBLICACIÓN ESPECIAL

PROYECTO: LM-PI-USVT-008-14

ANÁLISIS PRELIMINAR DE CAPACIDAD
EN LA RUTA NACIONAL N° 39
CIRCUNVALACIÓN NORTE

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE



PUBLICACIÓN ESPECIAL
PROYECTO: LM-PI-USVT-008-14

ANÁLISIS PRELIMINAR DE CAPACIDAD
EN LA RUTA NACIONAL N° 39
CIRCUNVALACIÓN NORTE

Preparado por:

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

San José, Costa Rica
Diciembre, 2014

INFORMACIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

1. Informe Final: LM-PI-USVT-008-14	2. Copia No.: 1	
3. Título y subtítulo: ANÁLISIS PRELIMINAR DE CAPACIDAD EN LA RUTA NACIONAL N° 39 CIRCUNVALACIÓN NORTE	4. Fecha del Informe: Diciembre, 2014	
5. Organización y dirección: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias:		
7. Resumen <i>Se presentan los resultados correspondientes a una estimación preliminar de la capacidad de la vía, a partir de las estimaciones del Anteproyecto Conceptual para el Diseño y Construcción del Proyecto Corredor Vial: Circunvalación Norte - Florencio del Castillo (Cal y Mayor y Asociados, 2012), y el Informe Análisis Funcional Propuesta de Intersecciones en Circunvalación Norte de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (Rodríguez-Vargas & Cubillo-Espinoza, 2012). Los cálculos de capacidad fueron realizados por el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR de la Universidad de Costa Rica.</i> <i>Las estimaciones preliminares de capacidad indican que para la condición inicial del proyecto, es recomendable la construcción de al menos seis carriles (tres por sentido de circulación) en el proyecto de Circunvalación Norte, con excepción del tramo Uruca - Colima (Radial Heredia) en el sentido Este - Oeste, que en proyecciones mayores a 20 años (no disponibles), probablemente requeriría también 6 carriles, además de que facilitaría su entronque a un puente cercano. Se debe revisar también la eventual necesidad de incorporar un cuarto carril por sentido al Tramo Ruta 32 - Calle Blancos después del año 2030. Este tramo es el tramo crítico del proyecto.</i>		
8. Palabras clave Ruta Nacional 39, Análisis Capacidad, Circunvalación Norte.	9. Nivel de seguridad Ninguno	10. Núm. de páginas 31
11. Preparado por: Ing. Henry Hernández Vega, MSc. Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 01/12/2014		
12. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR  Fecha: 01/12/2014	13. Aprobado por: Ing. Diana Jimenez Romero, MSc., MBA Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 01/12/2014	14. Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD. Coordinador General PITRA  Fecha: 01/12/2014

1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. CONCEPTOS INTRODUCTORIOS	03
4. METODOLOGÍA	07
5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA ESTIMACIÓN DE CAPACIDAD	09
6. PROYECCIONES DE TRÁNSITO CONSIDERADAS	12
7. RESULTADOS	14
8. CONCLUSIONES	17
9. TRABAJOS CITADOS	18
10. ANEXOS	19

El presente informe documenta los resultados correspondientes a una estimación preliminar de la capacidad de la Ruta Nacional N°39 Circunvalación Norte, a partir de las estimaciones del Anteproyecto Conceptual para el Diseño y Construcción del Proyecto Corredor Vial: Circunvalación Norte - Florencio del Castillo (Cal y Mayor y Asociados, 2012), y el Informe Análisis Funcional Propuesta de Intersecciones en Circunvalación Norte de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (Rodríguez-Vargas & Cubillo-Espinoza, 2012). Los cálculos de capacidad fueron realizados por el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR de la Universidad de Costa Rica.

Las estimaciones preliminares de capacidad indican que para la condición inicial del proyecto, es recomendable la construcción de al menos seis carriles (tres por sentido de circulación) en el proyecto de Circunvalación Norte. La única excepción a esta recomendación es corresponde el sentido Este - Oeste del tramo Uruca - Colima (Uruca - Radial Heredia) , que en proyecciones mayores a 20 años (no disponibles), probablemente requeriría también 6 carriles.

OBJETIVO

Estimar los niveles de servicio para diferentes proyecciones de tránsito futuro, variando la cantidad de carriles, en tres secciones de la Ruta Nacional N°39, en el tramo conocido como Circunvalación Norte entre las intersecciones con las Rutas 108 y 109.

CONCEPTOS INTRODUCTORIOS

Esta sección define, a un nivel introductorio y básico, algunos conceptos que pueden servir como referencia al lector no familiarizado con la ingeniería de transporte y que le facilitará la lectura del informe.

Análisis de capacidad: determina la capacidad de un tramo de una vía, así como el nivel de servicio que dependen de las características geométricas de la vía y de la composición del tránsito.

Capacidad: máximo número de vehículos que pueden transitar por una vía en una unidad de tiempo.

Demanda: corresponde al volumen de tránsito horario que pasa por una carretera y sus elementos (por ejemplo, intersecciones, rampas de entrada/salida, marginales, etc). Cuando la demanda es mayor que la capacidad, se generan colas. Las colas representan la demanda no satisfecha.

Flujo de servicio: es el flujo direccional horario máximo que puede sostener una vía sin violar los criterios para un determinado nivel de servicio durante el peor periodo de 15 minutos durante el periodo de mayor densidad del tránsito (periodo pico) (SIECA, 2011; TRB, 2010).

Nivel de servicio: Es una estratificación cuantitativa de las medidas de desempeño que definen la calidad del servicio brindado (TRB, 2010) por una carretera. Describe las condiciones de la vía bajo diferentes condiciones de razones de flujo vehicular con la capacidad de la carretera. En general, se dice que los diseños de las autopistas "deben limitarse al nivel de servicio C" (SIECA, 2011, pág. 32).

El siguiente cuadro y la siguiente figura muestran los diferentes niveles de servicio:

Cuadro 1: Descripción de niveles de servicio.

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación (90 km/h o más). La demora de los conductores no es mayor del 35% del total de tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 490 veh/hr.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito (80 km/h). La demora de los conductores no es mayor al 50% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 780 veh/hr.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad (70 km/h). La demora de los conductores alcanza el 65% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 1,190 veh/hr.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar. La velocidad se mantiene alrededor de 60 km/h. La demora de los conductores es cercana al 80% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 1,830 veh/hr.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos. La velocidad cae hasta 40 km/h. La demora de los conductores es mayor al 80% del total del tiempo de viaje.
F	Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito.

Nota: Tomado de Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA, 2011, pág. 60).

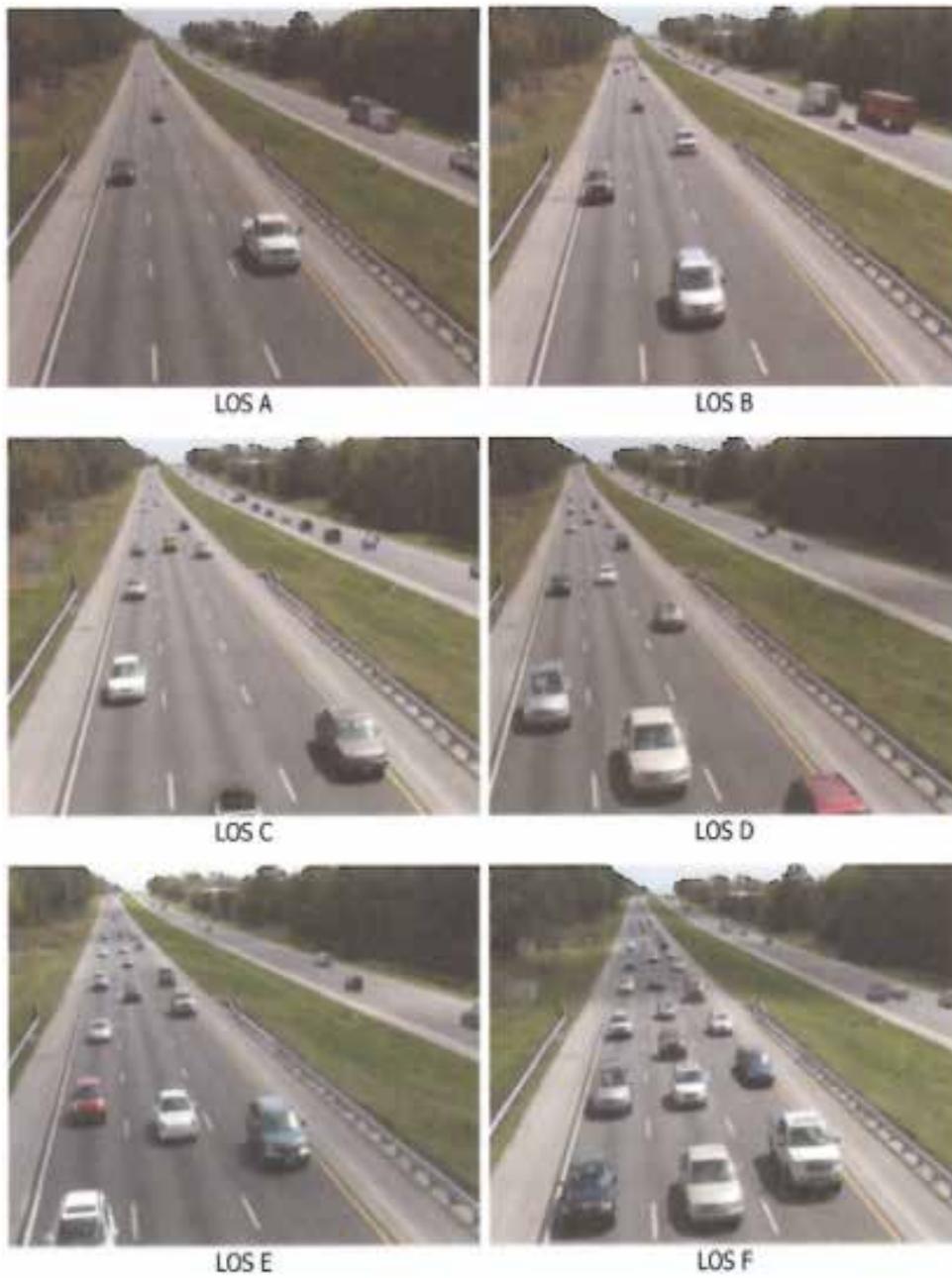


Figura 1

Figura 1: Ejemplos de niveles de servicio (LOS por sus siglas en inglés)

Nota: Tomado de Highway Capacity Manual . Washington, D.C.: Transportation Research Board (TRB, 2010, pág. 11-5).

Oferta: es el equivalente a la capacidad del segmento de la vía analizado. Estas condiciones funcionales dependen de ciertas características geométricas de la vía y de la composición del tránsito. Para el caso del análisis de tramos de autopista no se considera el efecto de condiciones "aguas abajo" del segmento analizado.

Segmento: tramo de la vía entre dos puntos. En los segmentos se asume que la geometría y el tráfico se mantienen constantes (TRB, 2010).

Tránsito Promedio Diario (TPD): Corresponde al número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo de tiempo menor a un año dividido entre el número de días en ese periodo de tiempo (Hernández, 2013).

Variaciones en la demanda: El tráfico de un día en un segmento no refleja la cantidad de tráfico en otro día, o el tráfico que hubiese si algún cuello de botella fuese eliminado. La demanda varía por día de la semana, mes del año, por hora del día (TRB, 2010).

Para simplificar los cálculos en tres secciones de la Ruta Nacional N°39, en el tramo conocido como Circunvalación Norte entre las intersecciones con las Rutas 108 y 109, se determinaron los niveles de tráfico donde se presentaban cambios en los niveles de servicio (LOS por sus siglas en inglés) para las diferentes configuraciones de la vía, por ejemplo, dos carriles por sentido, tres carriles por sentido. Estos volúmenes de tráfico se definieron como los límites de un específico nivel de servicio, que permitieron generar rangos de volúmenes de tráfico para cada nivel de servicio.

Luego estos valores son comparados con las estimaciones de demanda de los siguientes informes:

- Anteproyecto Conceptual para el Diseño y Construcción del Proyecto Corredor Vial: Circunvalación Norte - Florencio del Castillo (Cal y Mayor y Asociados, 2012),
- Análisis Funcional Propuesta de Intersecciones en Circunvalación Norte de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (Rodríguez-Vargas & Cubillo-Espinoza, 2012)
- Análisis Funcional del Proyecto Vial Circunvalación Norte (LCR Logística, 2014).

Las proyecciones del informe de LCR Logística se utilizan únicamente con fines comparativos y no se incluyen en la discusión del informe, ni en las conclusiones del mismo.

Adicionalmente, se compararon estas estimaciones con los rangos previamente generados, para asignarle al volumen futuro el rango de nivel de servicio en el cual la vía operaría bajo las condiciones proyectadas.



*LOS: Niveles de Servicio (siglas en inglés)

Se asume para el análisis de capacidad un ancho de carril de 3,65 metros, un espaldón mayor a dos metros al lado derecho de la vía y un porcentaje de vehículos pesados igual al 10%. Este porcentaje es similar al promedio de los valores asumidos por Cal y Mayor (2012) para la hora pico de la mañana (10,13%) y al de la hora pico de la tarde (9,98%). Se supuso un factor de hora pico de 0,95.

Para la elaboración de las conclusiones se determinó un nivel de servicio mínimo C. El cual se encuentra establecido en la literatura, a nivel nacional y centroamericano, como un nivel de servicio mínimo para autopistas y arterias urbanas principales (SIECA, 2011). De acuerdo con SIECA, 2011 "al nivel del servicio C el flujo es estable, en tanto que al nivel de servicio D se hacen presentes ciertas evidencias de inestabilidad en la circulación".

ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA ESTIMACIÓN DE CAPACIDAD

La información con la que se contó para elaborar este reporte es limitada. Las principales aspectos relacionados con los alcances y limitaciones de este estudio son los siguientes:

- Los cálculos de capacidad fueron realizados en el Highway Capacity Software (HCS) versión 2010 el cual está basado en el Highway Capacity Manual 2010 (TRB, 2010).
- Este es un estudio, a nivel funcional, de los segmentos de la ruta donde fue suministrada información de tránsito. Se requiere estudiar con mayor detalle el efecto de las condiciones de funcionamiento de la red vial a futuro en el área de influencia del corredor.
- Se supone que los intercambios tienen suficiente capacidad y que no existe rebote de colas desde las rampas que afecten la troncal de la Ruta Nacional 39.
- El análisis se realiza para tramos entre intercambios. El análisis de estos últimos no se incluye en el documento.
- Los datos de conteos utilizados por la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (DGIT) únicamente reflejan los vehículos que actualmente pasan por la vía y no reflejan la demanda real existente, dado que no considera la demanda no satisfecha, i.e., los vehículos que se encuentran en cola antes de los puntos considerados como cuello de botella. Un ejemplo claro de limitación de la capacidad se observa recurrentemente en la Ruta Nacional 108 donde las colas de vehículos representan la demanda no atendida por la vialidad existente.
- Se consideran imperativos estudios detallados, para mejorar la precisión de los estimados preliminares de demanda.
- Los estudios no indican para cual día de la semana se realizan los análisis. Eventualmente, la demanda para los días lunes en la mañana o viernes en la tarde podrían ser críticos en la ruta.

- Los datos del estudio de la DGIT se proyectaron utilizando la tasa de crecimiento del 2,5% anual asumida por ingeniería de tránsito en su informe. Para la proyección de los datos de la DGIT no consideró el efecto de futuras restricciones en la capacidad de la vía y se utilizó la siguiente ecuación:

$$F=P(1+i)^n$$

donde:

F= valor futuro

P= valor presente

i= tasa de crecimiento

n= número de años a partir del año base

- Las tasas de crecimiento utilizadas por la DGIT en esta valoración son para definir una configuración preliminar del proyecto.
- Los análisis se realizaron asumiendo que las condiciones del tráfico no se encuentran afectadas por congestión en las cercanías de los tramos analizados.
- Dado que en el sector no existe una estación de conteo permanente, no es posible estimar el grado de variabilidad relacionado con la información de datos de tránsito, los cuales presentan duraciones de conteo bastante limitadas, recopilada por el MOPT. Tampoco existen factores de ajuste actualizados que permitan obtener valores de tránsito promedio diario Anual (TPDA). Los datos aquí mostrados, corresponden a estimaciones de tránsito de hora pico.
- Dada la falta de información en el país, no se ajustaron los datos para condiciones climáticas adversas. Por ejemplo, lluvias intensas.
- La capacidad de la vialidad en el sector se encuentra actualmente restringida en varios puntos. La siguiente figura muestra la restricción de capacidad que muestra la curva en el sector del Río Virilla. Esta situación podría explicar el crecimiento casi nulo que presenta actualmente algunas rutas en el sector, como por ejemplo la Ruta 108 (Radial Uruca).

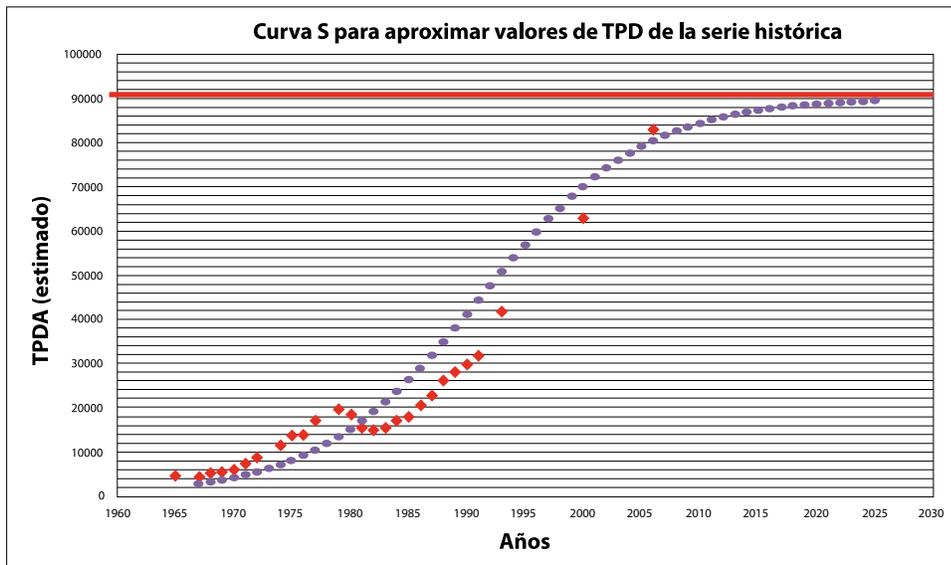


Figura 2

Figura 2: TPDA Ruta Nacional Número 1. Puente sobre el Río Virilla
 Nota: Elaboración propia, a partir de datos históricos de la Dirección de Planificación Sectorial, MOPT

Los datos aquí generados deben de considerarse como una estimación preliminar y no como un estudio detallado para determinar la configuración definitiva del proyecto. Por lo que este documento debe de considerarse como un análisis preliminar para conceptualizar la cantidad de carriles requerida para diferentes tramos del proyecto. La información aquí mostrada debe de considerarse como un insumo inicial para los tomadores de decisiones y son necesarios estudios más extensos y detallados.

PROYECCIONES DE TRÁNSITO CONSIDERADAS

Se realizaron diferentes escenarios, los cuales surgen a partir de la combinación de dos proyecciones de tránsito. Los escenarios utilizados son los siguientes:

- Anteproyecto Conceptual para el Diseño y Construcción del Proyecto Corredor Vial: Circunvalación Norte - Florencio del Castillo (Cal y Mayor y Asociados, 2012),
- Análisis Funcional Propuesta de Intersecciones en Circunvalación Norte de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (Rodríguez-Vargas & Cubillo-Espinoza, 2012), utilizando la tasa de crecimiento del 2,5% asumida en el informe.

Adicionalmente, se muestran en los gráficos las proyecciones del informe Análisis Funcional del Proyecto Vial Circunvalación Norte (LCR Logística, 2014). Las proyecciones del informe de LCR Logística se utilizan únicamente con fines comparativos y no se incluyen en la discusión del informe, ni en las conclusiones del mismo.

Respecto al análisis funcional de la DGIT, se utilizaron los valores de los volúmenes vehiculares presentados en las matrices de los intercambios. Por ejemplo, se asume que todo el volumen vehicular que sale hacia la Ruta 32 del intercambio es el correspondiente al del tramo Uruca - Colima en el sentido Oeste - Este. El siguiente cuadro muestra el detalle de los valores utilizados:

Cuadro 2. información base del informe de la DGIT para la estimación de volúmenes en la troncal.

Tramo	Dirección	Matriz utilizada (Intercambio)	Página informe DGIT	Volumen 2012 (veh/hora)	Período
Uruca - Colima	Este - Oeste	Burger King	19	1698	a.m.
Uruca - Colima	Oeste - Este	Burger King	19	1486	a.m.
Colima - Ruta 32	Este - Oeste	Ruta 32	15	1739	a.m.
Colima - Ruta 32	Oeste - Este	Ruta 32	15	1666	a.m.
Ruta 32 - Sto. Tomás	Este - Oeste	Santo Tomás	12	2276	a.m.
Ruta 32 - Sto. Tomás	Oeste - Este	Santo Tomás	12	1970	a.m.
Uruca - Colima	Este - Oeste	Burger King	19	1868	p.m.
Uruca - Colima	Oeste - Este	Burger King	19	1060	p.m.
Colima - Ruta 32	Este - Oeste	Ruta 32	15	2300	p.m.
Colima - Ruta 32	Oeste - Este	Ruta 32	15	953	p.m.
Ruta 32 - Sto. Tomás	Este - Oeste	Santo Tomás	12	1977	p.m.
Ruta 32 - Sto. Tomás	Oeste - Este	Ruta 32	15	1747	p.m.

RESULTADOS

Para todos los tramos analizados se considera el volumen de la hora pico estimado para los dos períodos pico, el de la mañana y el de la tarde, por sentido de circulación. Para el análisis se estudian las estimaciones de tráfico en tres tramos:

- a) Uruca - Colima (Uruca - Radial Heredia),
- b) Colima - Ruta 32 (Radial Heredia - Ruta 32) y
- c) Ruta 32 - Santo Tomás (Ruta 109)

Se asume que las demás variaciones recurrentes del tránsito, respecto a período y dirección, quedan cubiertas por las condiciones proyectadas por Cal y Mayor y la DGIT.

El cartel de la licitación pública internacional No. 2013LI-000008-ODE00: Diseño y Construcción del Corredor Vial "Circunvalación Norte", Ruta Nacional N°39, sección Uruca (ent. Ruta Nacional N°108)-Calle Blancos (ent. Ruta Nacional N°109), de fecha marzo 2013, establece un nivel de servicio B de acuerdo al Highway Capacity Manual (Ver Tabla No. 12: Parámetros técnicos generales de diseño).

La coloración del fondo en los gráficos que se encuentran en el anexo da el nivel de servicio para diferentes rangos de volumen de tráfico (por ejemplo, Nivel de Servicio A está en verde oscuro, Nivel de Servicio C en amarillo, etc).

Los niveles de servicio son para la vía con dos carriles por sentido de circulación. Se utiliza Nivel de Servicio C como nivel de servicio aceptable (es decir, aceptable significa no superar el color amarillo).

El cuadro de la página siguiente muestra los rangos calculados para cada nivel de servicio para una vía de dos carriles de circulación.

Cuadro 3. Rango de volúmenes de tránsito para los diferentes niveles de servicio

Nivel de servicio	Rango de volumen de tránsito (vehículos / hora)
A	= < 1494
B	1495 - 2403
C	2404 - 3214
D	3215 - 3855
E	3856 - 4342
F	>= 4343

Nota. El nivel de servicio F no se refleja en los gráficos dado que ya la vía supera su capacidad.

En los gráficos que se encuentran en los anexos, las proyecciones de Cal y Mayor corresponden a una línea negra y las proyecciones de la DGIT a una línea verde. Los datos de LCR Logística corresponden a los puntos morados y línea a puntos.

Las proyecciones utilizadas en la discusión y en el análisis son a 20 años. Los gráficos muestran las proyecciones a 30 años. Estos gráficos son de especial interés, como se verá más adelante, para el tramo crítico entre la Ruta 32 y Santo Tomás (Calle Blancos).

El resumen de resultados se muestra en el siguiente cuadro. Los gráficos con las proyecciones detalladas se encuentran en los anexos.

Cuadro 4. Niveles de servicio años 2015 y 2035. Dos carriles por sentido. Hora pico de la mañana

Tramo	Año Proyección	Nivel de Servicio Este - Oeste		Nivel de Servicio Oeste - Este		Cumple LOS C ^a
		CyM	DGIT	CyM	DGIT	
Uruca - Colima	2015	C	B	B	A	SI
Uruca - Colima	2035	D	C	C	B	NO
Colima - Ruta 32	2015	E	B	C	B	NO
Colima - Ruta 32	2035	E	C	D	C	NO
Ruta 32 - Sto. Tomás	2015	F	C	C	B	NO
Ruta 32 - Sto. Tomás	2035	F	E	E	D	NO

Nota: a En esta columna se verifica el criterio de mantener como mínimo un nivel de servicio C a partir de las dos proyecciones analizadas.

Cuadro 5. Niveles de servicio años 2015 y 2035. Dos carriles por sentido. hora pico de la tarde

Tramo	Año Proyección	Nivel de Servicio Este - Oeste		Nivel de Servicio Oeste - Este		Cumple LOS C ^a
		CyM	DGIT	CyM	DGIT	
Uruca - Colima	2015	C	B	C	A	SI
Uruca - Colima	2035	C	D	C	B	NO
Colima - Ruta 32	2015	D	D	E	A	NO
Colima - Ruta 32	2035	D	E	E	B	NO
Ruta 32 - Sto Tomás	2015	D	B	E	B	NO
Ruta 32 - Sto Tomás	2035	E	D	F	C	NO

Nota: a En esta columna se verifica el criterio de mantener como mínimo un nivel de servicio C a partir de las dos proyecciones analizadas.

El siguiente cuadro presenta un resumen de los resultados obtenidos mediante el análisis funcional realizado.

Cuadro 6. Resumen análisis funcional

Tramo	Dirección	Cumple LOS C	Cantidad Mínima de Carriles Requeridos
Uruca - Colima	Este - Oeste	NO	3
Uruca - Colima	Oeste - Este	SI	2
Colima - Ruta 32	Este - Oeste	NO	3
Colima - Ruta 32	Oeste - Este	NO	3
Ruta 32 - Sto Tomás	Este - Oeste	NO	3
Ruta 32 - Sto Tomás	Oeste - Este	NO	3

El criterio es si alguno de las dos proyecciones no cumple con el nivel de servicio mínimo C, se recomienda la ampliación a tres (3) o más carriles por sentido. Bajo este criterio, la mayoría del proyecto habría que ampliarlo al menos a tres carriles con excepción del tramo Uruca - Colima en el sentido Oeste - Este, que en proyecciones mayores a 20 años (no disponibles), probablemente requeriría también 6 carriles, además de que por las condiciones de un puente que va a tener cerca, sería ideal dejarlo en 6 carriles.

Se debe de dar seguimiento en el tiempo al proyecto, principalmente por la eventual necesidad de incorporar un cuarto carril por sentido al Tramo Ruta 32 - Calle Blancos después del año 2030. Este tramo es el tramo crítico del proyecto.

Cal y Mayor y Asociados. (2012). Anteproyecto Conceptual para el Diseño y Construcción del Proyecto Corredor Vial: Circunvalación Norte - Florencio del Castillo. Informe Final. San José: Informe al Consejo Nacional de Vialidad. CONAVI.

Hernández, H. (2013). Mapa de Tráfico Promedio Diario 2013. Red Vial Nacional. San José: PITRA-LanammeUCR.

LCR Logística. (2014). Análisis Funcional del Proyecto Vial Circunvalación Norte. San José.

Rodríguez-Vargas, R., & Cubillo-Espinoza, M. (2012). Análisis Funcional Propuesta de Intersecciones en Circunvalación Norte. San José: Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

SIECA. (2011). Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial. Guatemala: Secretaría de Integración Económica de Centroamerica.

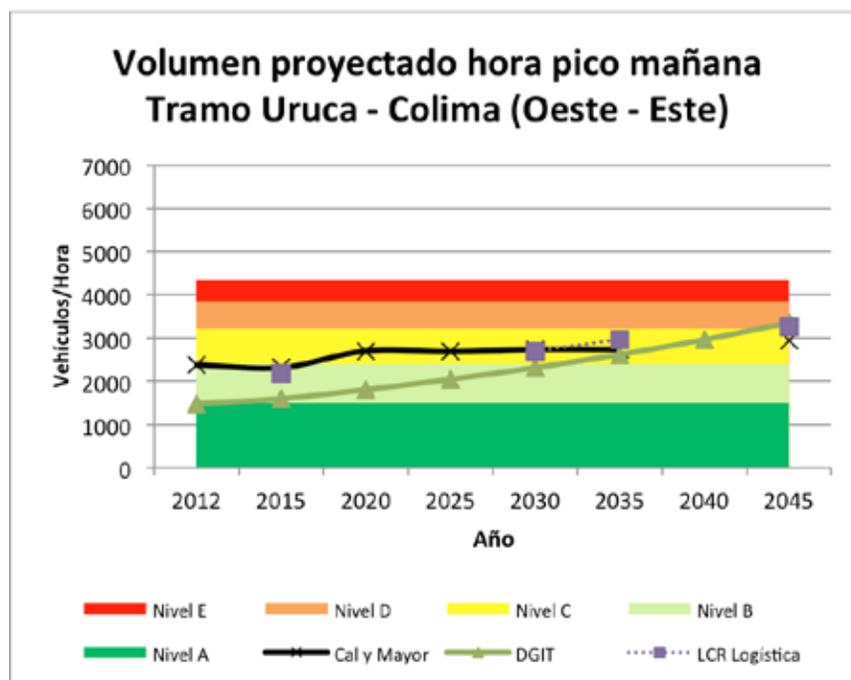
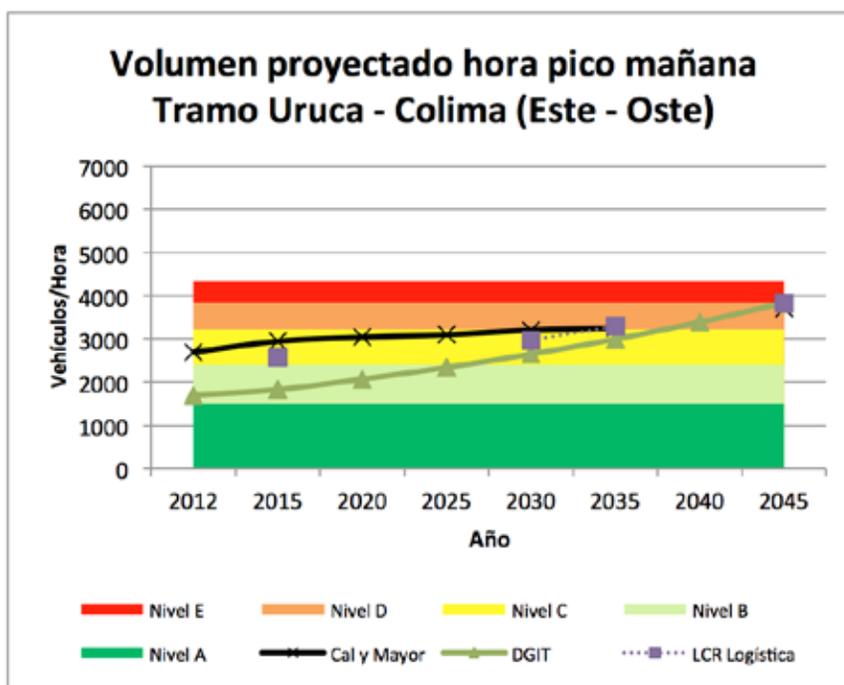
TRB. (2010). Highway Capacity Manual . Washington, D.C.: Transportation Research Board.

ANEXOS

i. Tramo Uruca - Colima (Uruca - Radial Heredia). Dos Carriles por Sentido

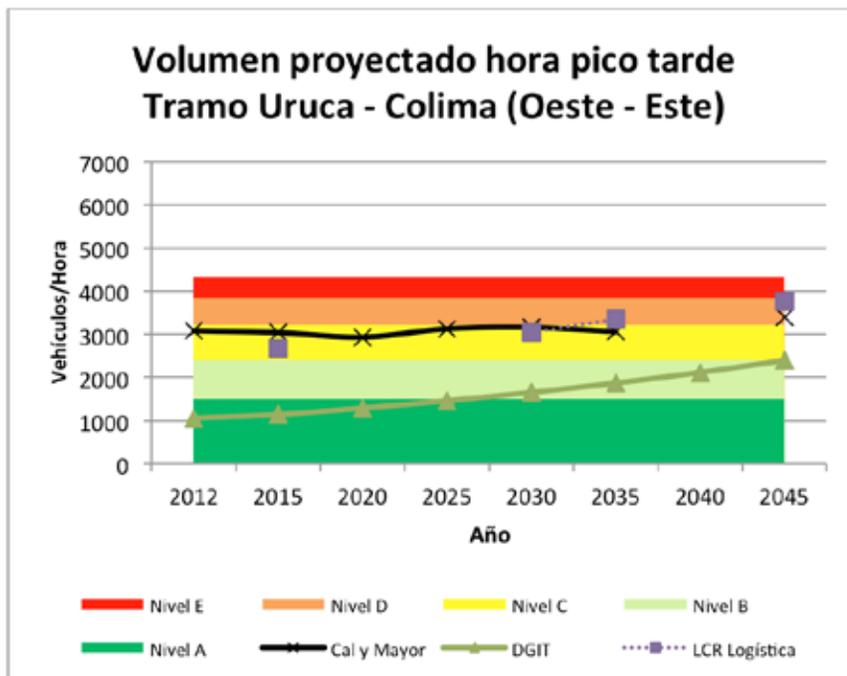
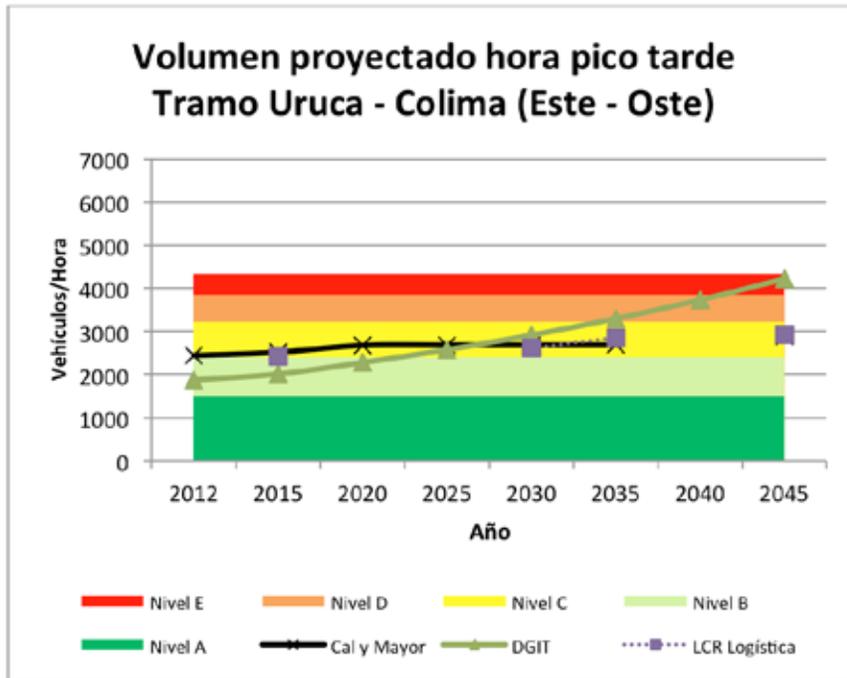
1. Hora Pico de la mañana (Dos Carriles por Sentido)

Los volúmenes iniciales de Cal y Mayor y de la DGIT varían significativamente. Sin embargo, ambas proyecciones presentan valores muy cercanos en el año 2035. En el año 2035, el tramo en el sentido Oeste - Este funcionaría en un nivel de servicio C.



II. Hora Pico de la tarde (Dos Carriles por Sentido)

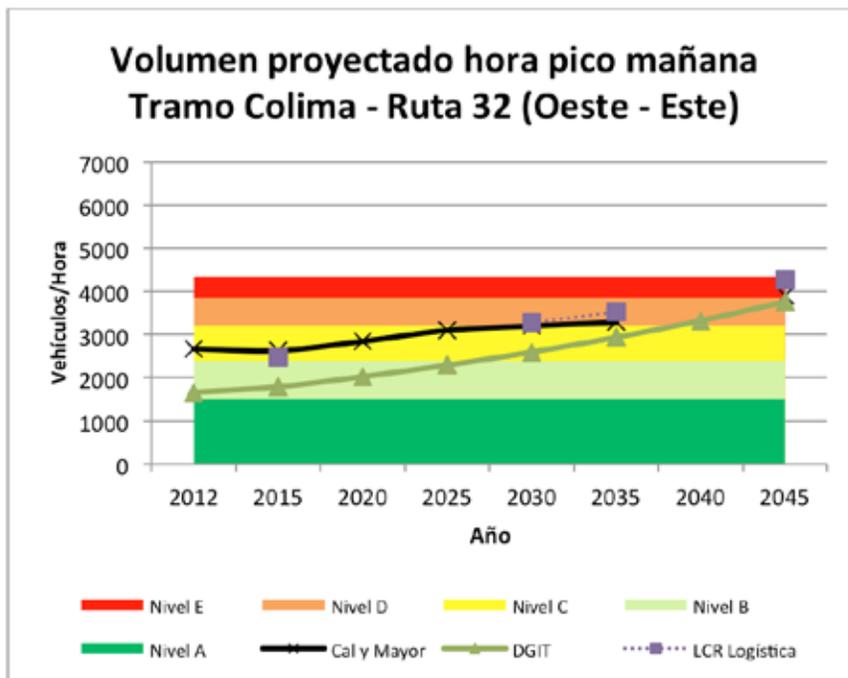
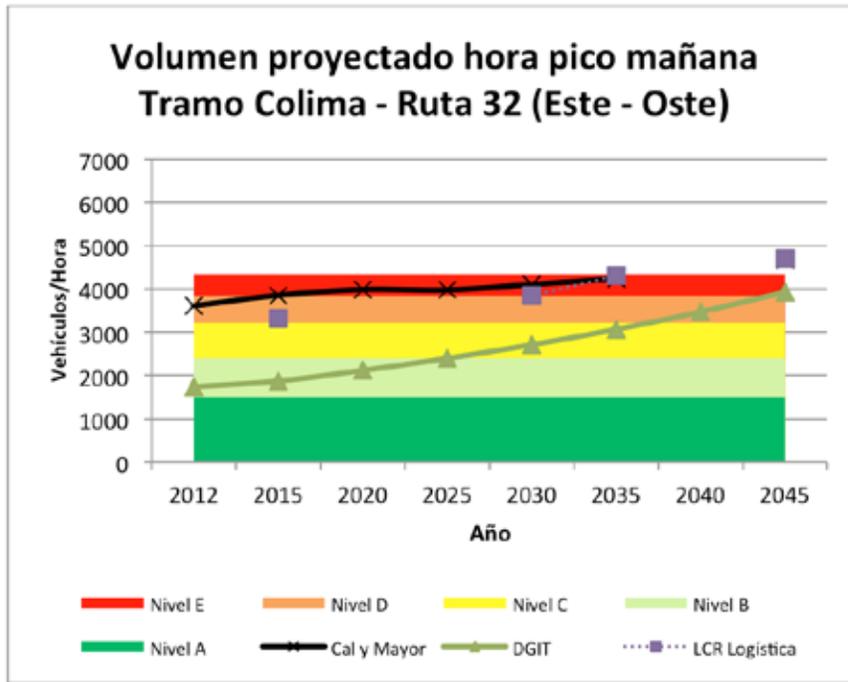
Los volúmenes de Cal y Mayor y de la DGIT, para el sentido Oeste - Este presentan una gran variación. En el sentido Este - Oeste el tramo funcionaría en un nivel de servicio D.



ii. **Tramo Colima - Ruta 32 (Radial Heredia - Ruta 32) Dos carriles por Sentido**

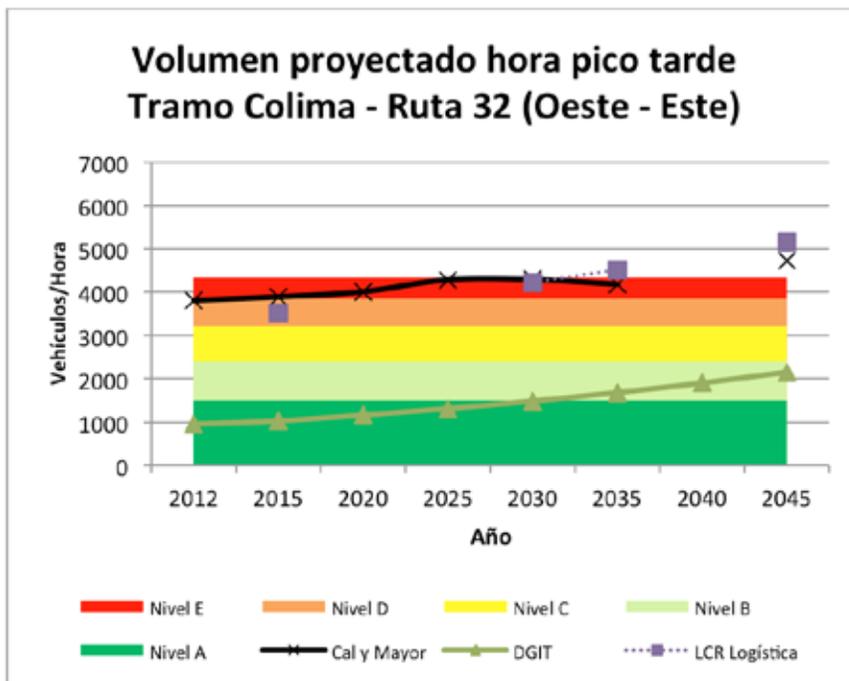
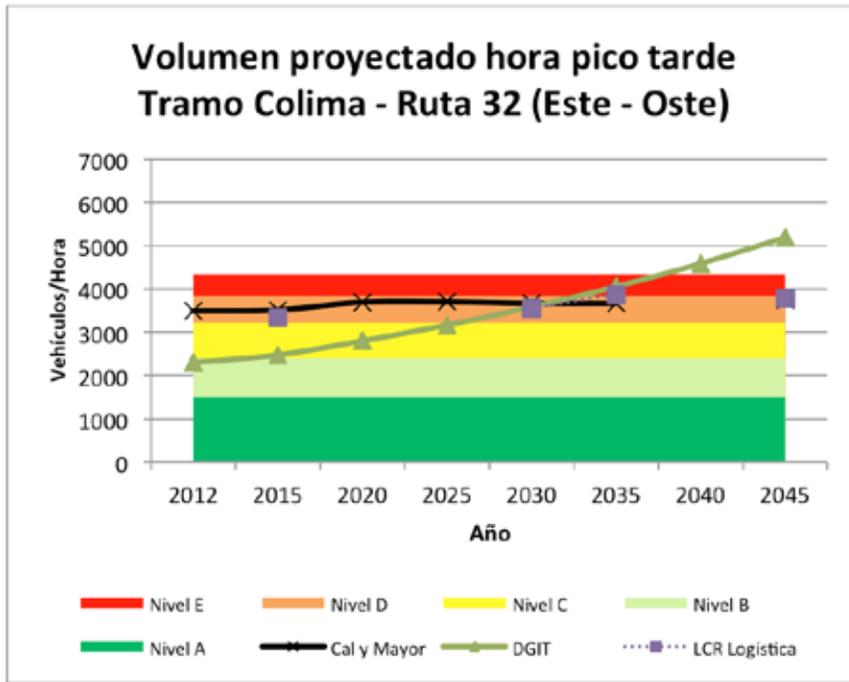
I. Hora Pico de la mañana (Dos Carriles por Sentido)

Los volúmenes iniciales de Cal y Mayor y de la DGIT varían significativamente en el sentido Este - Oeste. Las proyecciones de tránsito de Cal y Mayor muestran la necesidad de construir un carril adicional en el sentido Este - Oeste.



II. Hora Pico de la tarde (Dos Carriles por Sentido)

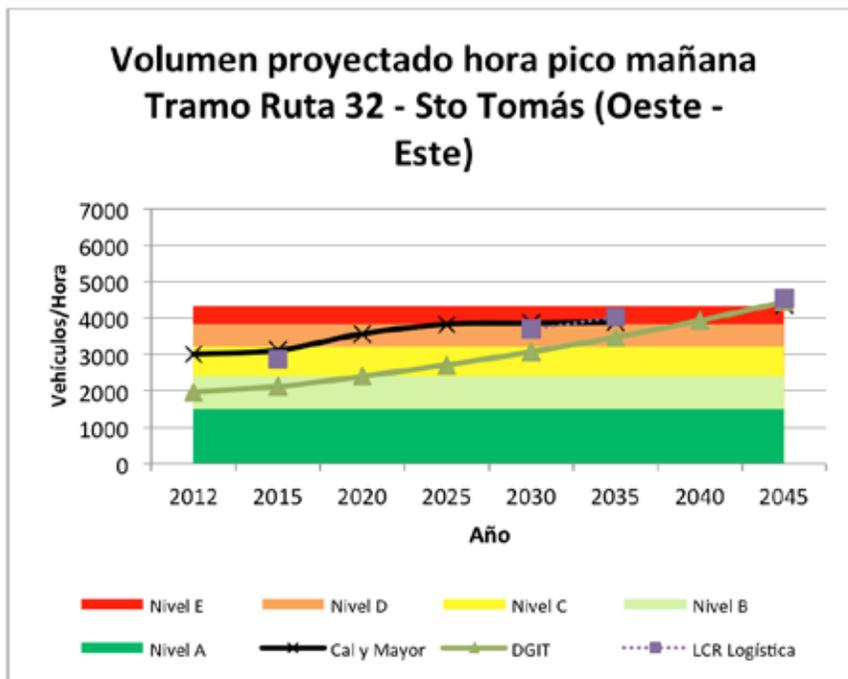
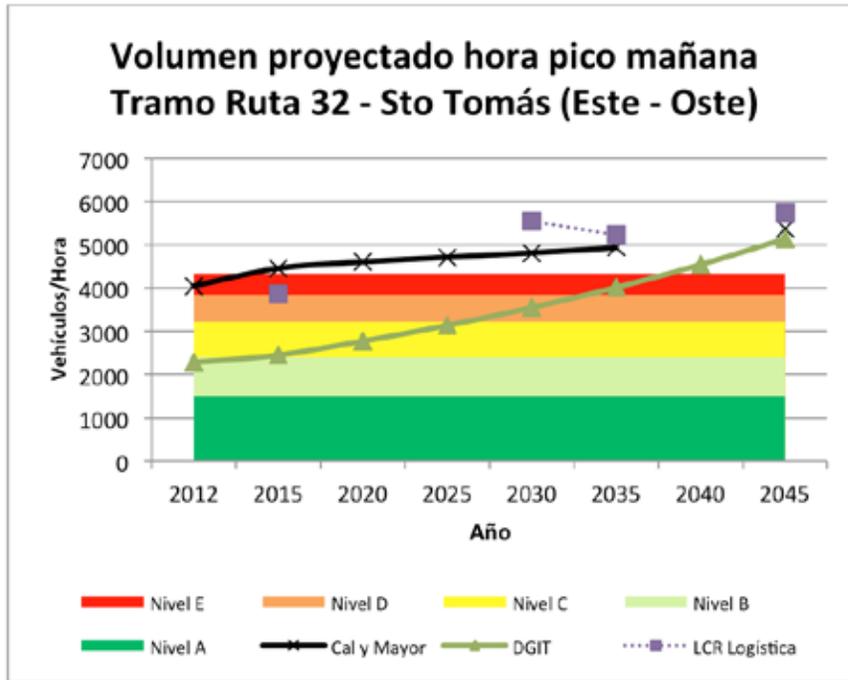
Los volúmenes de Cal y Mayor y de la DGIT, para el sentido Oeste - Este presentan una gran variación. Los datos indican la necesidad de un tercer carril en ambos sentidos.



iii. **Tramo Ruta 32 - Santo Tomás (Ruta 109). Dos Carriles por Sentido**

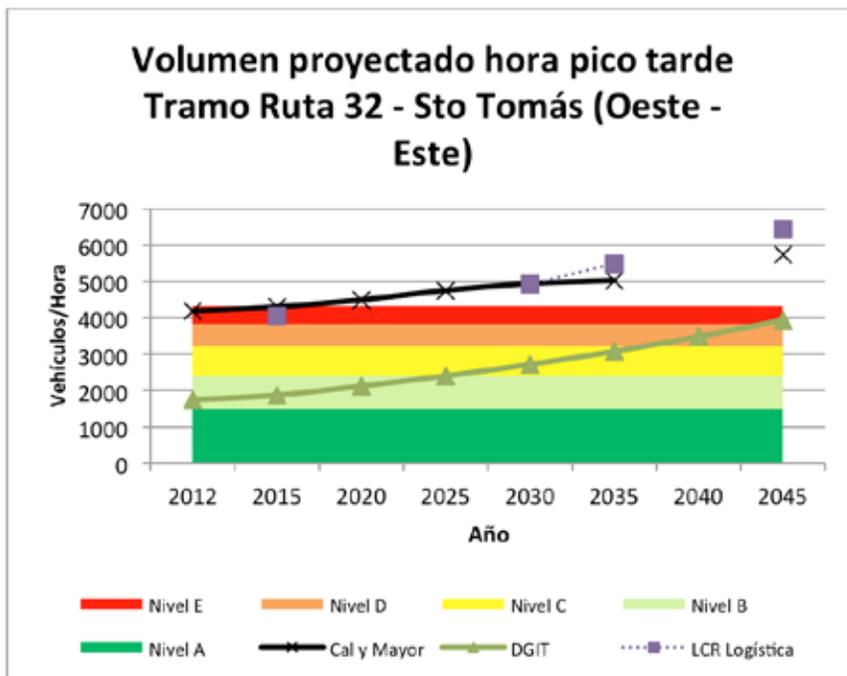
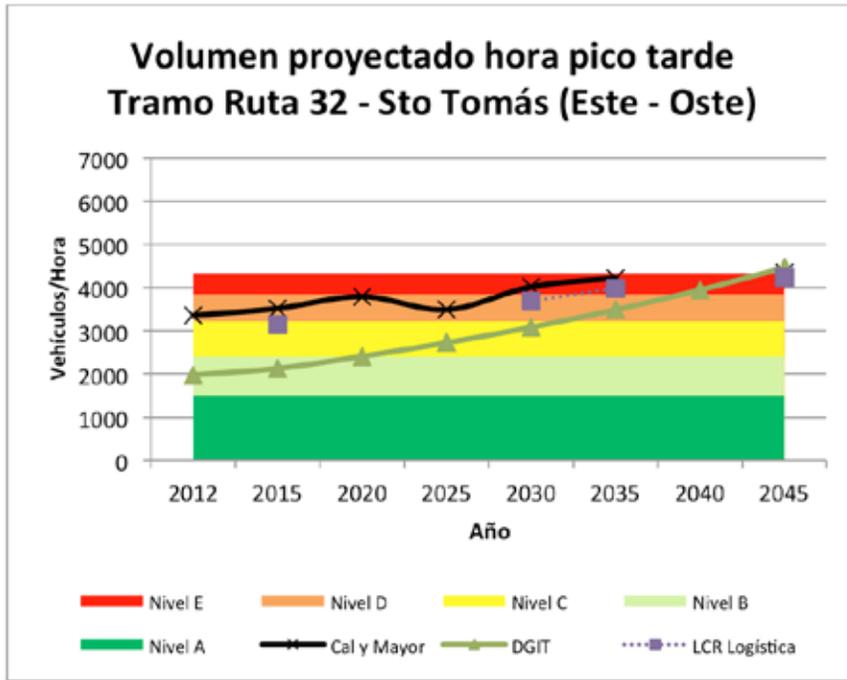
I. Hora Pico de la mañana (Dos Carriles por Sentido)

Los volúmenes iniciales de Cal y Mayor y de la DGIT varían significativamente en el sentido Este - Oeste. El tramo no tendrá capacidad suficiente de acuerdo con la proyección de Cal y Mayor.



II. Hora Pico de la tarde (Dos Carriles por Sentido)

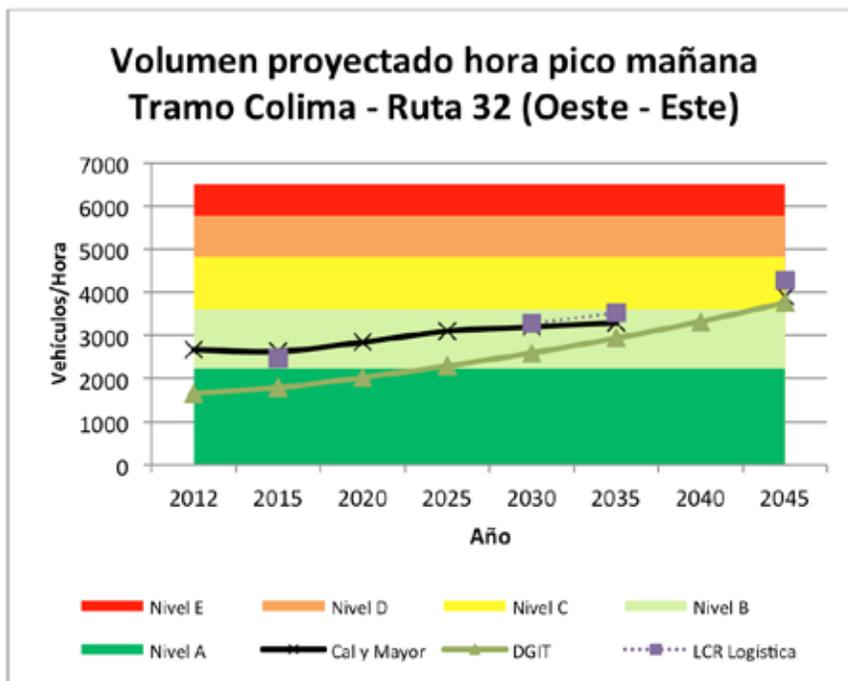
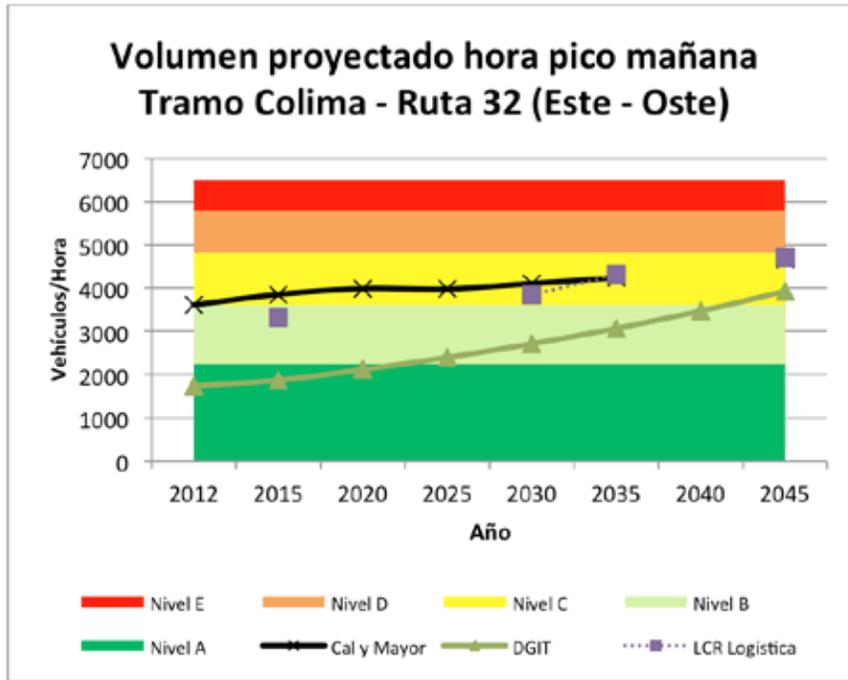
Los volúmenes de Cal y Mayor y de la DGIT, para el sentido Oeste - Este presentan una gran variación. Los datos indican la necesidad de un tercer carril en ambos sentidos. El tramo no tendrá capacidad suficiente de acuerdo con la proyección de Cal y Mayor



iv. Tramo Uruca - Colima (Uruca - Radial Heredia). Tres Carriles por Sentido

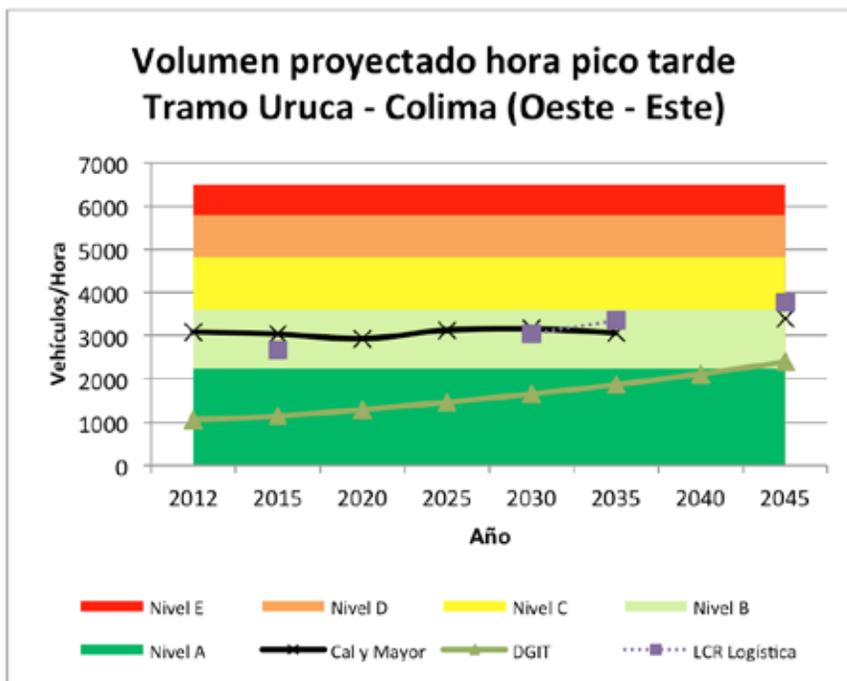
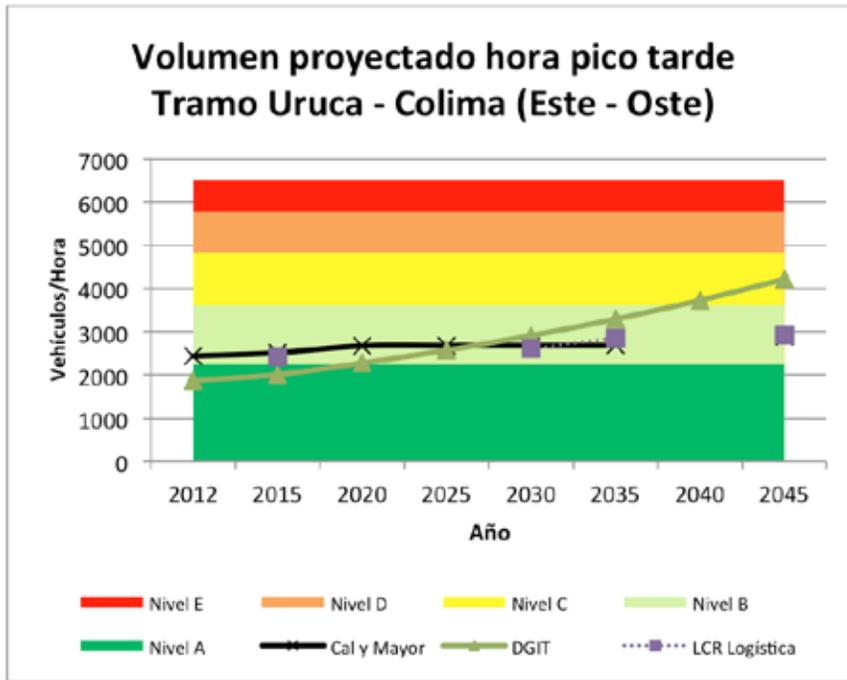
I. Hora Pico de la mañana (Tres Carriles por Sentido)

Los volúmenes iniciales de Cal y Mayor y de la DGIT varían significativamente. Sin embargo, ambas proyecciones presentan valores muy cercanos en el año 2035. En el año 2035, ambos sentidos presentan un nivel de servicio C o mejor.



II. Hora Pico de la tarde (Tres Carriles por Sentido)

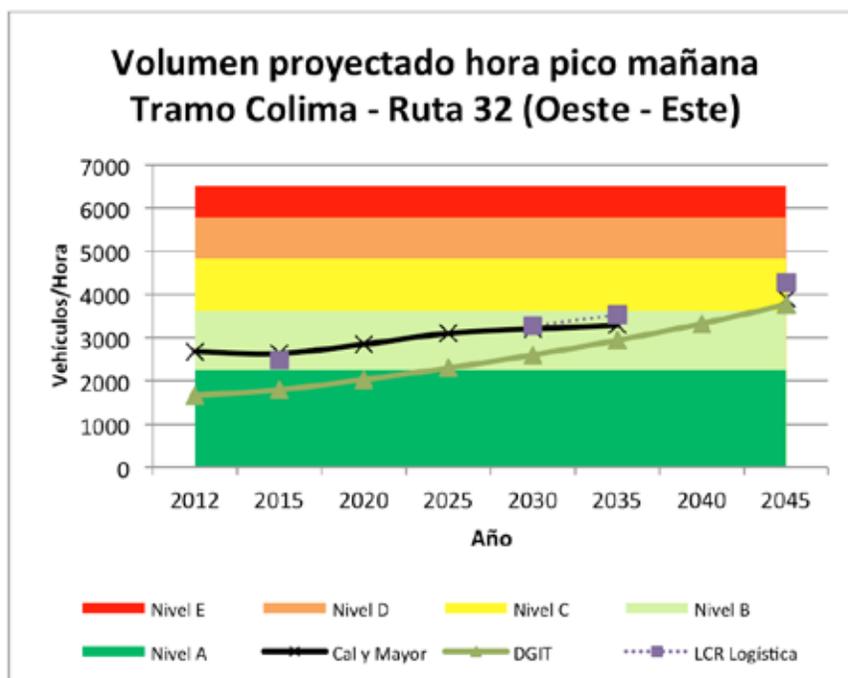
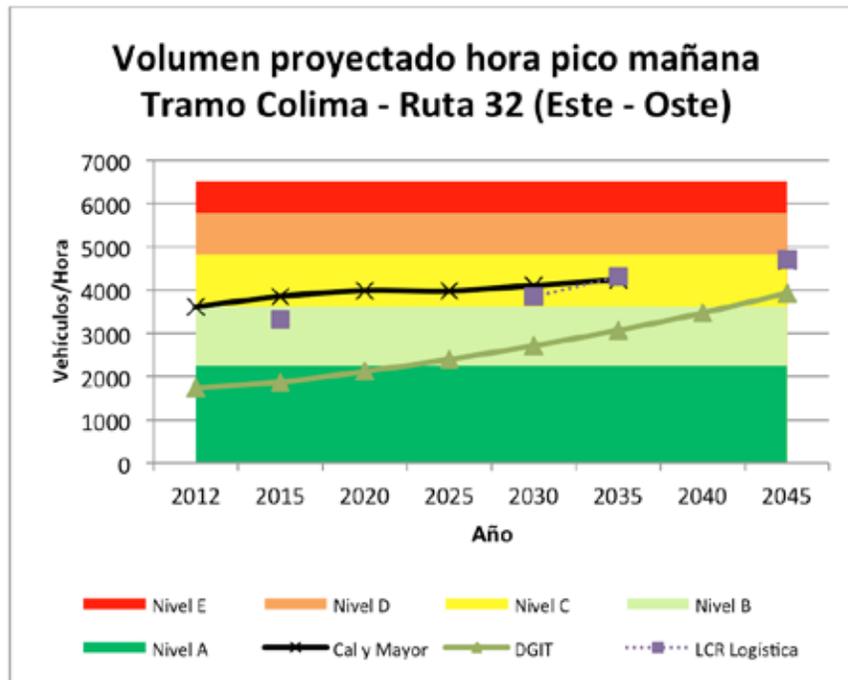
Los volúmenes de Cal y Mayor y de la DGIT, para el sentido Oeste - Este presentan una gran variación. En el año 2035, ambos sentidos presentan un nivel de servicio B o mejor.



v. Tramo Colima - Ruta 32 (Radial Heredia - Ruta 32). Tres Carriles por Sentido

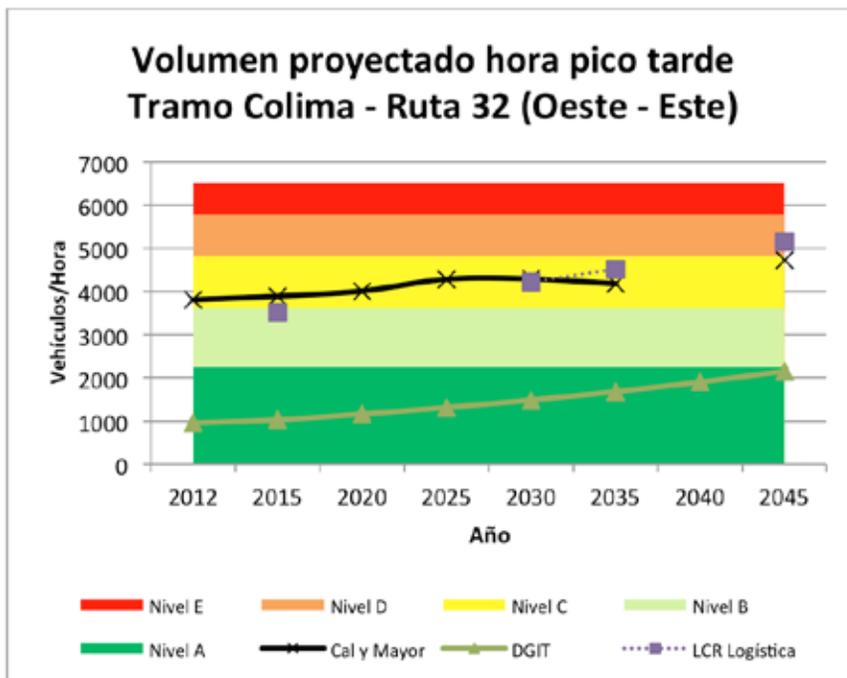
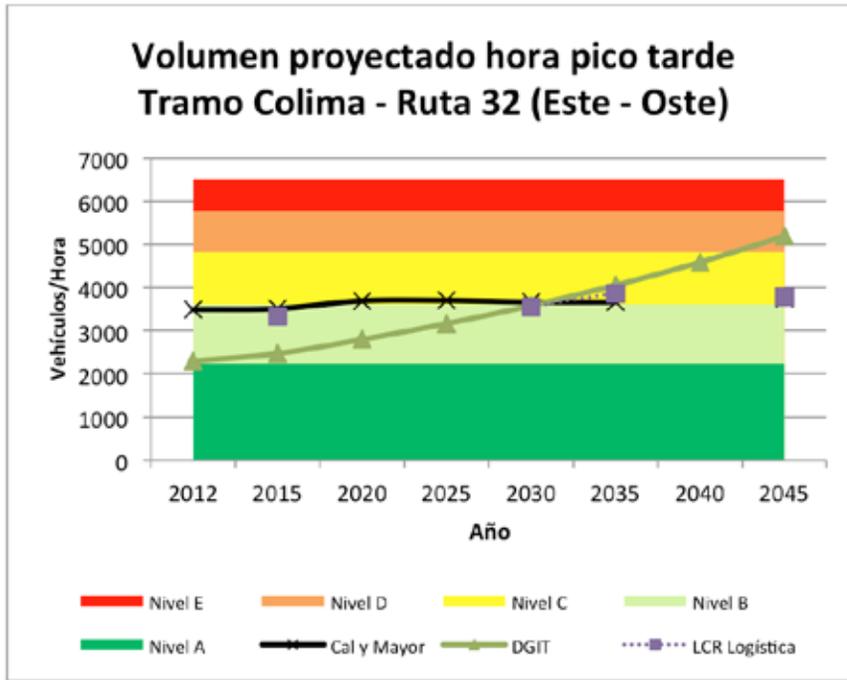
I. Hora Pico de la mañana (Tres Carriles por Sentido)

Los volúmenes iniciales de Cal y Mayor y de la DGIT varían significativamente en el sentido Este - Oeste. En el año 2035, ambos sentidos presentan un nivel de servicio C o mejor.



II. Hora Pico de la tarde (Tres Carriles por Sentido)

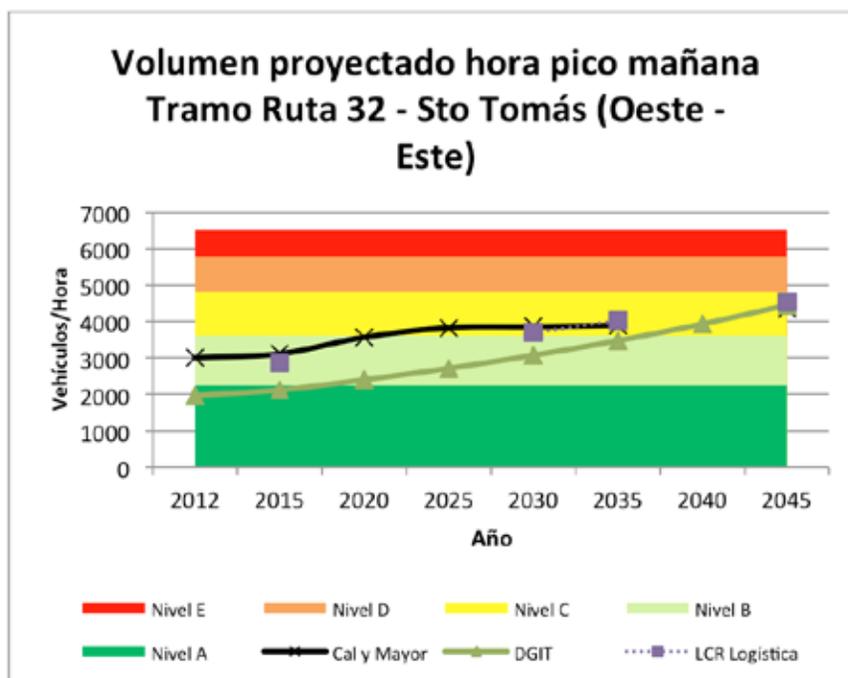
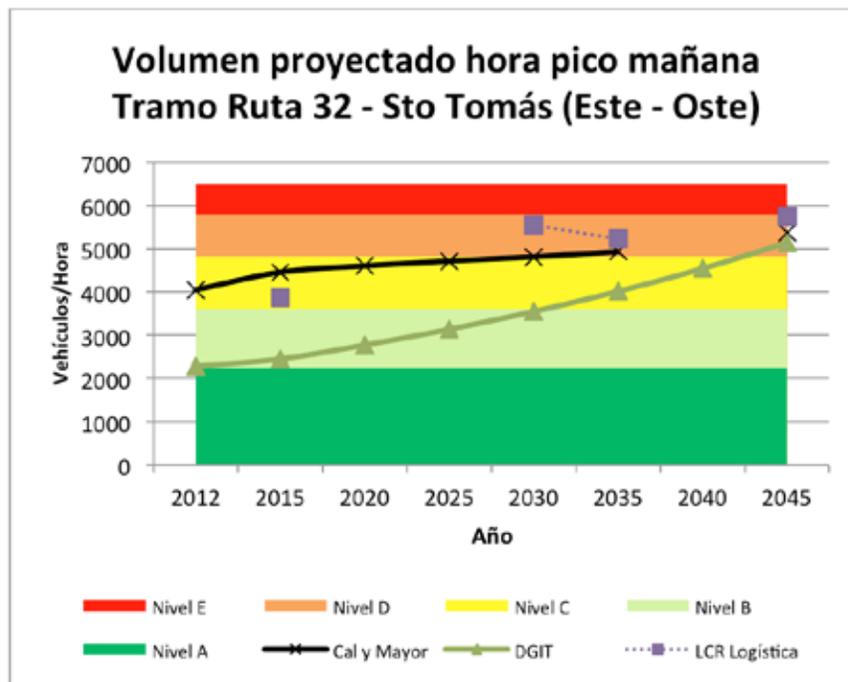
Los volúmenes de Cal y Mayor y de la DGIT, para el sentido Oeste - Este presentan una gran variación. En el año 2035, ambos sentidos presentan un nivel de servicio C o mejor.



vi. **Tramo Ruta 32 - Santo Tomás (Ruta 109). Tres Carriles por Sentido**

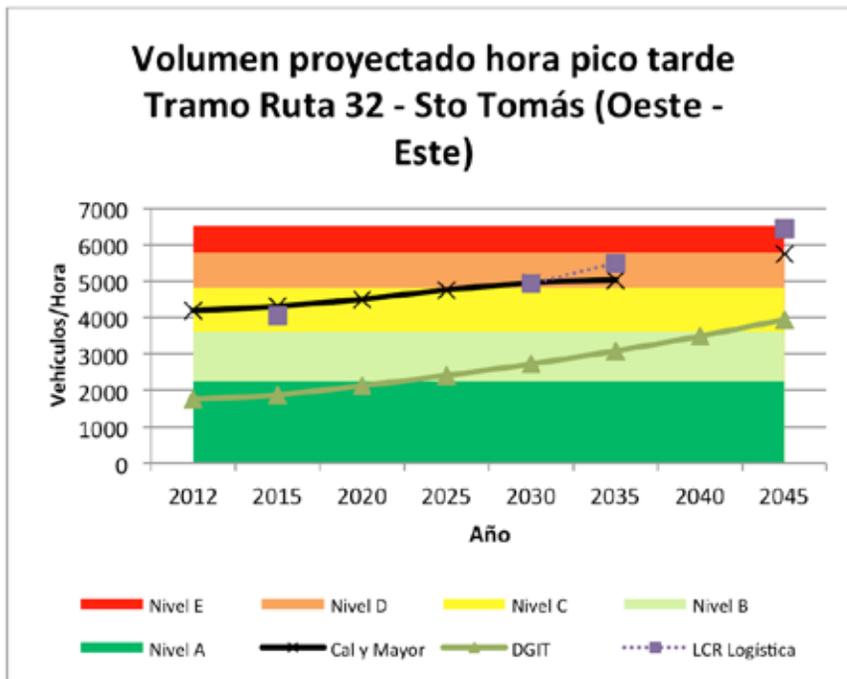
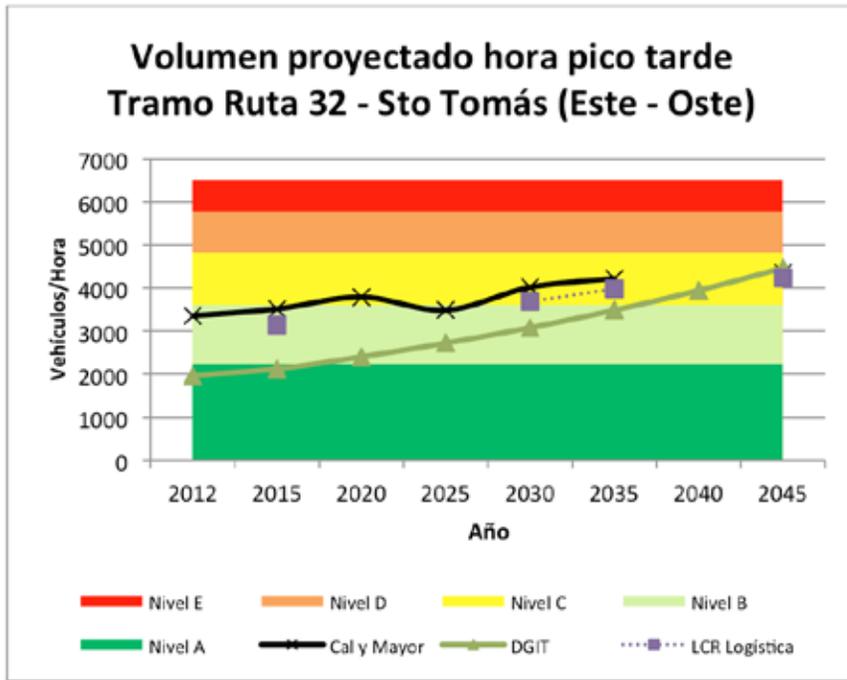
I. Hora Pico de la mañana (Tres Carriles por Sentido)

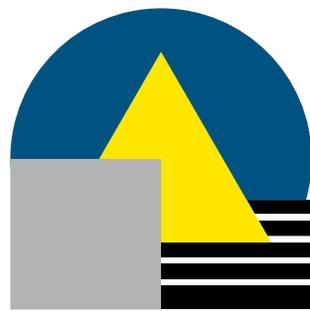
Los volúmenes iniciales de Cal y Mayor y de la DGIT varían significativamente en el sentido Este - Oeste. En el año 2035, ambos sentidos presentan un nivel de servicio D o mejor, por lo que es recomendable evaluar la ampliación de un cuarto carril por sentido.



II. Hora Pico de la tarde (Tres Carriles por Sentido)

Los volúmenes de Cal y Mayor y de la DGIT, para el sentido Oeste - Este presentan una gran variación. En el año 2035, ambos sentidos presentan un nivel de servicio D o mejor, por lo que es recomendable evaluar la ampliación de un cuarto carril por sentido.





LanammeUCR

**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**