

INFORME

LM-PI-USVT-001-14

PARÁMETROS DE TRÁNSITO
PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS
EN LA RED VIAL NACIONAL DE
COSTA RICA

PREPARADO POR: UNIDAD DE SEGURIDAD VIAL Y TRANSPORTE





LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



programa de infraestructura
del transporte

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe No. LM-PI-USVT-001-14

REF: Parámetros de tránsito para diseño de pavimentos en la Red Vial
Nacional Primaria de Costa Rica

Preparado por:

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

San José, Costa Rica
Enero, 2014

Documento generado con base en el Art. 6, inciso g) de la Ley 8114 y lo señalado en el Cap. IV, Art. 47 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.
Preparado por: Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR diana.jimenez@ucr.ac.cr



Información técnica del documento

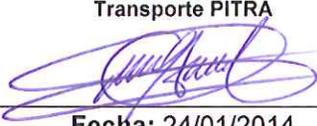
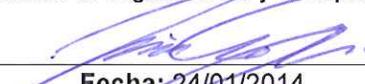
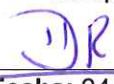
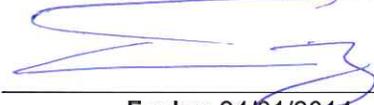
1. Informe LM-PI-USVT-001-14		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Propuesta de proyecto de investigación: Parámetros de tránsito para diseño de pavimentos en la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica		4. Fecha del Informe Enero, 2014
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales 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		
8. Notas complementarias Forma parte de la primera fase del proyecto Determinación de parámetros de carga para diseño estructural de pavimentos en Costa Rica (informe del Lanamme LM-PI-UMP-008-P)		
9. Resumen Con la presente propuesta de Proyecto de Investigación, a cargo de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR, se pretende determinar las características más representativas del tráfico de camiones en la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica. Esta información servirá como uno de los insumos para la futura Guía de Diseño Estructural de Pavimentos para nuestro país. Esta propuesta de investigación recopila y analiza varios elementos de la primera fase de la línea de investigación para la determinación de parámetros de carga para diseño estructural de pavimentos. Los parámetros de carga incluyen elementos relacionados con carga, presión de inflado, desviación lateral de llanta y tráfico. El presente proyecto de investigación pretende abordar este último tema. Específicamente, este proyecto se enfocará en: a) evaluar la información de tráfico recopilada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), b) realizar estudios de campo para recopilar datos de tránsito promedio diario (TPD) por tipo de vehículo y recopilar parámetros y estadísticos de flujo y velocidades de operación utilizando contadores neumáticos y c) generar parámetros y estadísticos de tránsito requeridos para el diseño estructural de pavimentos en la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica. Los resultados servirán como un adecuado insumo en el diseño estructural de pavimentos.		
10. Palabras clave CAMIONES, CARGA, MODELACIÓN, MONITOREO, PAVIMENTOS, TRÁNSITO, VELOCIDAD	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 20
13. Preparado por: Ing. Henry Hernández, MSc Investigador- Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA  Fecha: 24/01/2014	Preparado por: Ing. Erick Acosta Hernández Investigador- Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA  Fecha: 24/01/2014	14. Revisado por: Ing. José Pablo Aguiar Moya, PhD Coordinador Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 24/01/2014
Revisado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad Gestión Municipal Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 24/01/2014	Revisado por: Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 24/01/2014	15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: 24/01/2014



TABLA DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN	4
2. OBJETIVOS GENERALES	5
3. ANTECEDENTES	5
4. ESQUEMA CONCEPTUAL	7
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
7. PROPUESTA BASE: PARÁMETROS DE CARGA	10
8. RECURSOS Y CALENDARIZACIÓN	18
8.1. RECURSOS TÉCNICOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO Y SU ANÁLISIS	18
8.2. RECURSOS FINANCIEROS	18
9. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES	18
10. REFERENCIAS	19
11. GLOSARIO	20



1. DESCRIPCIÓN

Los datos de volumen de tránsito de vehículos pesados son esenciales para el diseño y análisis estructural de pavimentos (AASHTO, 2008). Allen (2013) indica que *"los principales insumos para realizar un adecuado diseño de pavimentos son de diversa índole dada la gran cantidad de factores que afecta el desempeño de éstos; por tanto, es importante caracterizar las cargas de tránsito, los materiales y su variación con el entorno geológico y climático; así como modelar estos factores y definir los criterios de falla acorde con la realidad en cada caso: país, región o macro-región."*

Con la presente propuesta de Proyecto de Investigación, a cargo de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR, se pretende determinar las características más representativas del tráfico de camiones en la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica. Esta información servirá como uno de los insumos para la futura Guía de diseño estructural de pavimentos para nuestro país. De acuerdo con AASHTO (2008) y ARA (2004) los siguientes datos de tráfico son requeridos para el diseño de pavimentos:

- a) Tránsito promedio anual de de camiones
- b) Porcentaje de vehículos en el carril de diseño
- c) Porcentaje de camiones en la dirección de diseño
- d) Velocidad de operación de los camiones
- e) Tasa de crecimiento en el tránsito de camiones
- f) Factores de distribución mensual de volumen de tránsito de camiones
- g) Factores de distribución horaria de volumen de tránsito de camiones
- h) Factores de distribución de carga
- i) Configuraciones de ejes
- j) Características de presión de inflado de las llantas
- k) Factores de distribución lateral de los camiones

Por su parte, el programa *CalME*, desarrollado por la Universidad de California para el Departamento de Transporte de California, usa como insumos para analizar el desempeño de pavimentos flexibles la siguiente información de tráfico: velocidad de los vehículos, distribución promedio de carga por tipo de eje por hora, tasa de crecimiento, número de ejes por tipo de eje por año, y el número promedio de ejes por vehículo. Adicionalmente, la distribución lateral de los camiones, y la presión de inflado pueden ser requeridos por el programa (Universidad de California, 2011).



Se propone en esta investigación recopilar y analizar información de datos de tránsito de vehículos pesados enfocándose en los puntos a), b), c), d), f) y g) previamente listados. La información de estos puntos puede ser recopilada mediante contadores neumáticos con los que cuenta el LanammeUCR. La tasa de crecimiento en el tránsito de camiones se estima a partir de datos históricos. En Costa Rica, los datos de pesos de vehículos son recopilados en las estaciones de pesaje. Allen y Badilla (2011) proveen información relacionada con la caracterización de los pesos de los vehículos pesados más comunes en el país, razón por la que los factores de distribución de carga no están incluidos en este proyecto. Las características de presión de inflado de las llantas y los factores de distribución lateral de los camiones están fuera del alcance de esta propuesta.

2. OBJETIVOS GENERALES

- Recopilar parámetros y estadísticos de tránsito: volumen de tráfico, clasificación vehicular, velocidades de operación, factores direccionales y temporales, en la red vial nacional primaria de Costa Rica.
- Proveer los estadísticos de tránsito requeridos para el diseño estructural de pavimentos de la Red Vial Nacional de Costa Rica.

3. ANTECEDENTES

De acuerdo con Allen (2013) en el año 2004, la Unidad de Investigación del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR, inició una revisión y exposición de la Guía de Diseño Mecanicista - Empírico 2002. La Guía de Diseño Mecanicista - Empírico requiere insumos relacionados con el suelo, materiales, clima, tráfico y estructura de pavimento.

Allen (2013) indica que en el PITRA-LanammeUCR se completaron proyectos relacionados con las variables más importantes de dicha guía, incluyendo los siguientes temas:

- Zonificación climática
- Asfaltos modificados
- Uso de granulometrías discontinuas
- Desempeño en deformación permanente
- Resistencia al daño por humedad
- Módulo resiliente y curva maestra en mezclas asfálticas

Informe LM-PI-USVT-001-14	Fecha de emisión: 24 de enero de 2014	Página 5 de 20
---------------------------	---------------------------------------	----------------

- Variación estacional de módulos
- Módulos resilientes sobre materiales granulares y estabilizadas
- Encuesta de Carga

Ulloa, Allen, Badilla y Sibaja (2008) presentan resultados de los resultados de la determinación de los Factores Camión en ocho importantes rutas de Costa Rica, concluyendo "que los Factores Camión Típicos empleados en Costa Rica subestiman las cargas reales de los vehículos" y confirmando además, la necesidad de controlar el peso de los vehículos.

Allen (2013) indica que el LanammeUCR utilizó los datos de las estaciones de pesaje para generar parámetros de carga para el diseño de pavimentos. Además, se definieron espectros de carga por tipo de eje y por tipo de vehículo. La Figura 1 presenta un ejemplo de la información que se generó gráficamente a partir de datos en estaciones de pesaje.

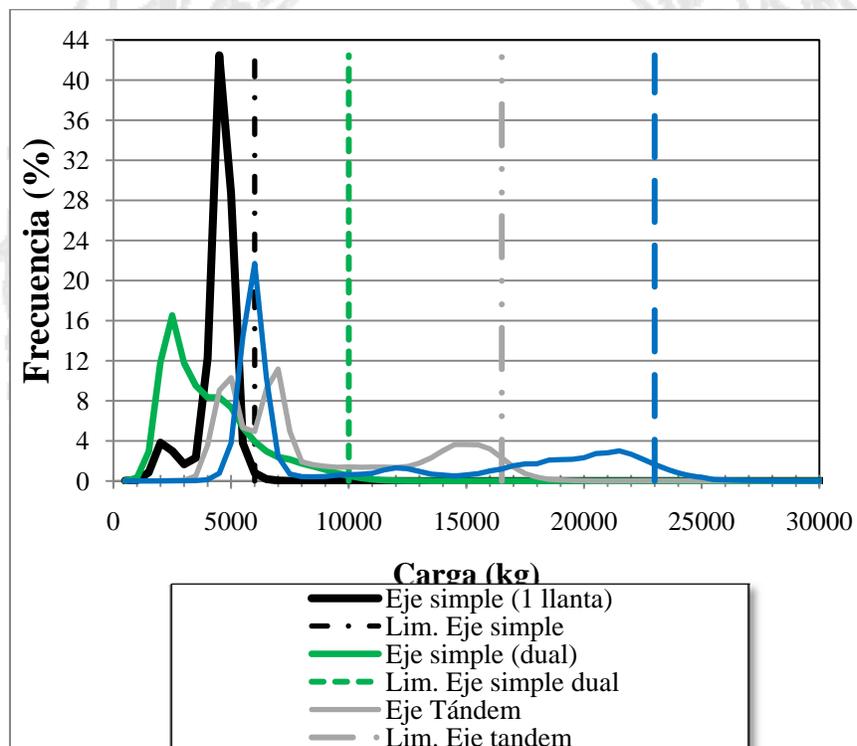


Figura 1. Espectro de Carga. Fuente: Allen y Badilla, 2011

Se logra así obtener los espectros de carga para las principales carreteras del país en las direcciones donde se realiza control de pesaje. De acuerdo con Allen (2013) a partir de estas investigaciones surge "la necesidad de formular una Línea de Investigación macro sobre el



tema Parámetros de Carga de modo que coadyuve a la creación de la Guía de Diseño Estructural de Pavimentos para Costa Rica."

Respecto al monitoreo de tránsito, la Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación de la Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes del (MOPT) recopila información de tráfico realizando conteos manuales en las estaciones temporales de conteo. La duración aproximada de estos conteos es de 12 horas por lo que no es posible obtener factores de ajuste temporales a partir de los mismos. La duración de conteos manuales realizados por el MOPT no cumple con los estándares mínimos de duración recomendados por AASHTO (2008).

Además, el esquema de clasificación no diferencia a los vehículos T3-S2 de los vehículos T3-S3. No contar con datos diferenciados para vehículos T3-S3 no permite reconocer el porcentaje de vehículos articulados con ejes trídrem que de acuerdo con Allen y Badilla (2011) son los grupos de ejes que presentan mayores cargas.

Los datos de velocidad forman parte de la información requerida para el diseño de pavimentos (AASHTO, 2008; ARA, 2004 y Universidad de California, 2011). Dado que la información de datos de tránsito es recopilada de manera manual en las estaciones temporales de conteo, el MOPT no recopila datos de velocidad por tipo de vehículo de una manera sistemática.

4. ESQUEMA CONCEPTUAL

De acuerdo con la Guía de diseño de pavimento empírico-mecanicista (AASHTO, 2008) los datos de tráfico de vehículos pesados son fundamentales para el diseño y análisis de estructuras de pavimentos. Los nuevos procedimientos no requieren el cálculo de ejes equivalentes; en vez de esto, es necesario el cálculo de distribución de pesos y de volúmenes de camiones. La propuesta de investigación se centra en este último aspecto.

De acuerdo con Allen (2013) *"para modelar las cargas correctamente es necesario determinar la frecuencia, velocidad, volumen y clasificación vehicular de la flotilla en cada proyecto. Los anteriores parámetros son necesarios para determinar la cantidad de vehículos de cada tipo que están pasando diariamente, pues sólo los vehículos más pesados nos interesan para el diseño de pavimentos. La velocidad también es importante obtenerla, pues los materiales que componen los paquetes estructurales pueden tener un comportamiento*

visco-elástico; sus propiedades dependen de la frecuencia de carga. Por esto, será necesario obtener perfiles de velocidad de los vehículos de diseño."

Respecto a la duración de la muestra, AASHTO (2008) recomienda muestras mínimas de un día para generar distribuciones de volúmenes de camiones. Con esta muestra se obtiene un error estándar del 10% y con un nivel de confianza del 80%. Para muestras mayores se reduce el error estándar y se aumenta el nivel de confianza; por ejemplo, para muestras de ocho días el error estándar se reduce al 5% y el nivel de confianza aumenta al 90%. El error estándar de los insumos determina la confiabilidad de los análisis y de los diseños de estructuras de pavimentos.

Para el presente estudio se plantea el uso de equipo automático de conteo y clasificación del tránsito. Entre los equipos más comunes se pueden mencionar las cámaras de video, espiras, sensores infrarrojos, radares, y contadores neumáticos (conocidos como contadores de manguera). La Unidad de Seguridad Vial y Transporte cuenta con diez contadores neumáticos que serán utilizados en esta investigación.

Los contadores neumáticos son capaces de determinar: el número de ejes, la distancia entre ejes, la dirección y la velocidad de los vehículos instalando dos mangueras a una distancia predefinida. Para realizar esto, el dispositivo utiliza algoritmos preestablecidos. La Figura 2 muestra un ejemplo de la configuración para la colocación de mangueras neumáticas en el sitio de estudio.



Figura 2. Esquema de colocación de mangueras neumáticas en el pavimento



Los valores que se proponen calcular para cada uno de los sitios de estudio, utilizando los contadores neumáticos, son los siguientes:

- a) Tránsito promedio diario de vehículos pesados
- b) Porcentaje de vehículos pesados por dirección
- c) Factores de ajuste para el tráfico de vehículos pesado por día de la semana
- d) Clasificación de vehículos pesados en:
 - a. camiones unitarios
 - b. buses
 - c. camiones con un remolque (o semirremolque) de cuatro o menos ejes
 - d. camiones con un remolque (o semirremolque) de cinco ejes
 - e. camiones con un remolque (o semirremolque) de seis o más ejes
 - f. camiones con más de un remolque
- e) Distribución horaria del tránsito de vehículos pesados

La calendarización propuesta y los criterios utilizados para la selección de los sitios de estudio para este estudio se muestran en la sección 7 donde se define la propuesta base. La duración deseada para cada estudio es de al menos siete días completos.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la información existente de tráfico recopilada por la Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación de la Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).
- Cuantificar en campo los datos de tránsito promedio diario (TPD) por tipo de vehículo para la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica, mediante el uso de contadores neumáticos.
- Estimar parámetros y estadísticos de clasificación vehicular y velocidades de operación para la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica, mediante el uso de contadores neumáticos.
- Procesar la información recopilada para que sirva como insumo para el diseño estructural de pavimentos.
- Mejorar el nivel de precisión de la información existente y consecuentemente el nivel de conocimiento relacionado con el tráfico de vehículos pesados en Costa Rica.



6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Importancia práctica.

Esta propuesta de investigación forma parte de la macro-investigación que dotará de la información relativa a parámetros de carga y a su modelación, para incorporarse a la Guía de diseño estructural de pavimentos para Costa Rica. Allen (2013) establece la relevancia social e implicaciones prácticas de contar con una Guía de diseño estructural de pavimentos en el país.

Valor teórico y utilidad metodológica.

Con el desarrollo de esta investigación, se desarrollará conocimiento y experiencia en materias muy diversas, tales como:

- Diseño de experimentos de recopilación de parámetros de tránsito in situ.
- Análisis estadístico y desarrollo de distribuciones estadísticas de los parámetros de tránsito.
- Caracterización geográfica y temporal de la composición del tránsito pesado en la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica.

Finalmente, se mejorará el nivel de precisión de la información existente y consecuentemente el nivel de conocimiento relacionado con el tráfico de vehículos pesados en Costa Rica, logrando así una mejora en las estimaciones de tráfico de vehículos pesados para el diseño de pavimentos.

7. PROPUESTA BASE: PARÁMETROS DE CARGA

Esta propuesta de investigación forma parte de la fase 1 de la propuesta de Línea de Investigación la cual se plantea en cuatro fases. En la Figura 3, se muestra el esquema de investigación completo de la propuesta de línea de investigación para la determinación de parámetros de carga para diseño estructural de pavimentos:

- a) Fase 1: Recopilación de Datos en Campo y su Análisis
- b) Fase 2: Desarrollo del Sistema de Modelación Estructural
- c) Fase 3: Modelación de Estadísticos de Carga
- d) Fase 4: Calibración de Modelos de Falla

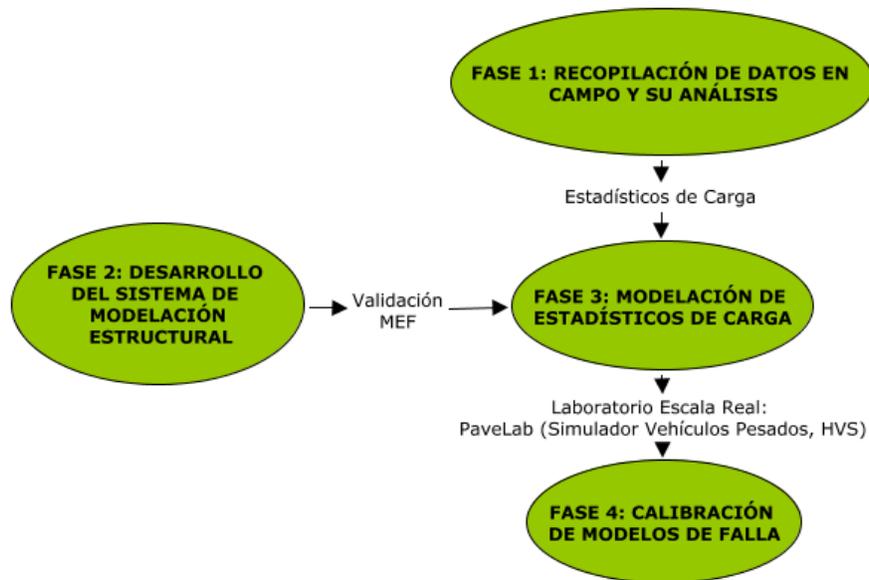


Figura 3. Fuente: Allen, 2013.

Allen (2013) explica que la Fase 1: Recopilación de Datos en Campo y su Análisis "comprende la definición de los parámetros de carga a estudiar. A la fecha, se han identificado cuatro parámetros principales: carga, presión de inflado, desviación lateral de llanta y tránsito vehicular. El tránsito vehicular se entiende como frecuencia, densidad, velocidad y tránsito promedio diario." Seguidamente, se presenta la propuesta específica para el parámetro tránsito vehicular definido en la línea de investigación:

Alcance

La propuesta incluye la recopilación de datos en aproximadamente cincuenta puntos de la Red Vial Nacional Primaria, estos puntos se muestran como estrellas de color negro en la Figura 4, cubriendo así la red estratégica nacional. Estos puntos proveen una adecuada cobertura geográfica del país. Los criterios para la selección de los puntos de estudio son los siguientes:

1. Ruta nacional primaria: los sitios de estudios se ubicarán de manera preferente en rutas nacionales primarias con el fin de cubrir la red estratégica nacional. Cada ruta



- nacional primaria contará con al menos un punto de estudio. Rutas que dan acceso a puertos y fronteras tendrán prioridad en este estudio.
2. Zona rural o interurbana: la ubicación de los sitios de estudio deben de localizarse fuera de la zona influencia del tránsito local generado en los centros de población con el fin de evitar características del tránsito inherentes a zonas urbanas. Dado que la mayor parte de la red vial nacional se encuentra en zonas rurales, el estudio se enfocará en esta porción de la red vial.
 3. Cobertura geográfica: Se tratará en la medida de lo posible de contar con sitios de estudio en todas las provincias, en todas las regiones socioeconómicas del país, y cubrir rutas que se dirigen a puertos y fronteras.
 4. Centros de población: los centros de población importantes que podrían generar cambios en los patrones de viajes en una ruta, servirán para definir nuevos puntos de estudio en dicha ruta.
 5. Intersecciones importantes: al igual que los centros de población, se definieron sitios de estudio antes y después de intersecciones importantes.
 6. Cobertura de la ruta: Se tratará de brindar cobertura a la ruta, evitando en la medida de lo posible secciones mayores a 100 kilómetros que no cuenten con un punto de estudio.
 7. Información complementaria: la información recopilada para otros proyectos de la USVT, durante el periodo de estudio se utilizará como complemento a esta investigación.
 8. Zonas de construcción: Se evitarán tramos donde se encuentren obras mayores de construcción de carreteras o zonas afectadas por estas obras. Ejemplo de esto es el tramo Cañas - Liberia.
 9. Experiencia ingenieril: Finalmente, los sitios restantes de estudio se escogen utilizando un criterio de profesionales en el área de ingeniería en transporte. Este criterio incluye aspectos como revisión de los puntos anteriores, y añadiendo conocimiento relacionado con zonas de producción agrícola, rutas turísticas, entre otros. Otros aspectos como seguridad del equipo y factibilidad para la colocación del mismo también son considerados.



Este estudio proveerá con datos que servirán como insumo para los modelos para el análisis y diseño de estructuras de pavimentos que permitirán a diseñadores de pavimentos contar con información detallada de tránsito.

La información recopilada permitirá disminuir el error estándar de los insumos de tránsito y así aumentar la confiabilidad de los análisis y de los diseños de estructuras de pavimentos. La información recopilada será complementada con la información de las 12 estaciones permanentes de la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT.

Tal como se definió en el esquema conceptual, la investigación se enfocará en el tránsito promedio de vehículos pesados, porcentaje de vehículos pesados por dirección, factores de ajuste para el tráfico de vehículos pesados por día de la semana, clasificación de vehículos pesados, velocidades de operación y distribución horaria de vehículos pesados.

Para el porcentaje de los camiones en el carril de diseño, la información será recopilada y reportada por carril siempre y cuando las condiciones técnicas y de seguridad permitan la obtención de esta información.

La distribución mensual de volumen de tránsito de volumen de camiones se obtendrá únicamente para las estaciones permanentes de conteo con las que cuenta el MOPT.

Este trabajo se realizará a través de proyectos de investigación realizados por los profesionales de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR, complementada con trabajos finales de graduación.

Las fechas indicadas en la tablas corresponden a conteos ya realizados y estudios por realizar, esto debido a que al momento de redactar esta propuesta de investigación, la información ya había sido recolectada para más de la mitad de los sitios de estudio.

Con respecto a la tasa de crecimiento para vehículos pesados, según se especifica en el esquema conceptual, se requiere de un estudio fuera del alcance de este proyecto. Sin embargo, la obtención de una manera sistemática de los volúmenes vehiculares detallados por tipo de vehículo permitirá la creación de tasas de crecimiento por tipo de vehículo en el futuro. Posterior a esta investigación, se dará un seguimiento sistemático a los puntos de estudio a través de mediciones periódicas, en promedio se recopilará información en 15 a 20 sitios por año para volver a completar los 50 sitios en un período de tres a cuatro años, y así obtener tendencias relacionadas con cambios en el tránsito de vehículos pesados en Costa Rica.

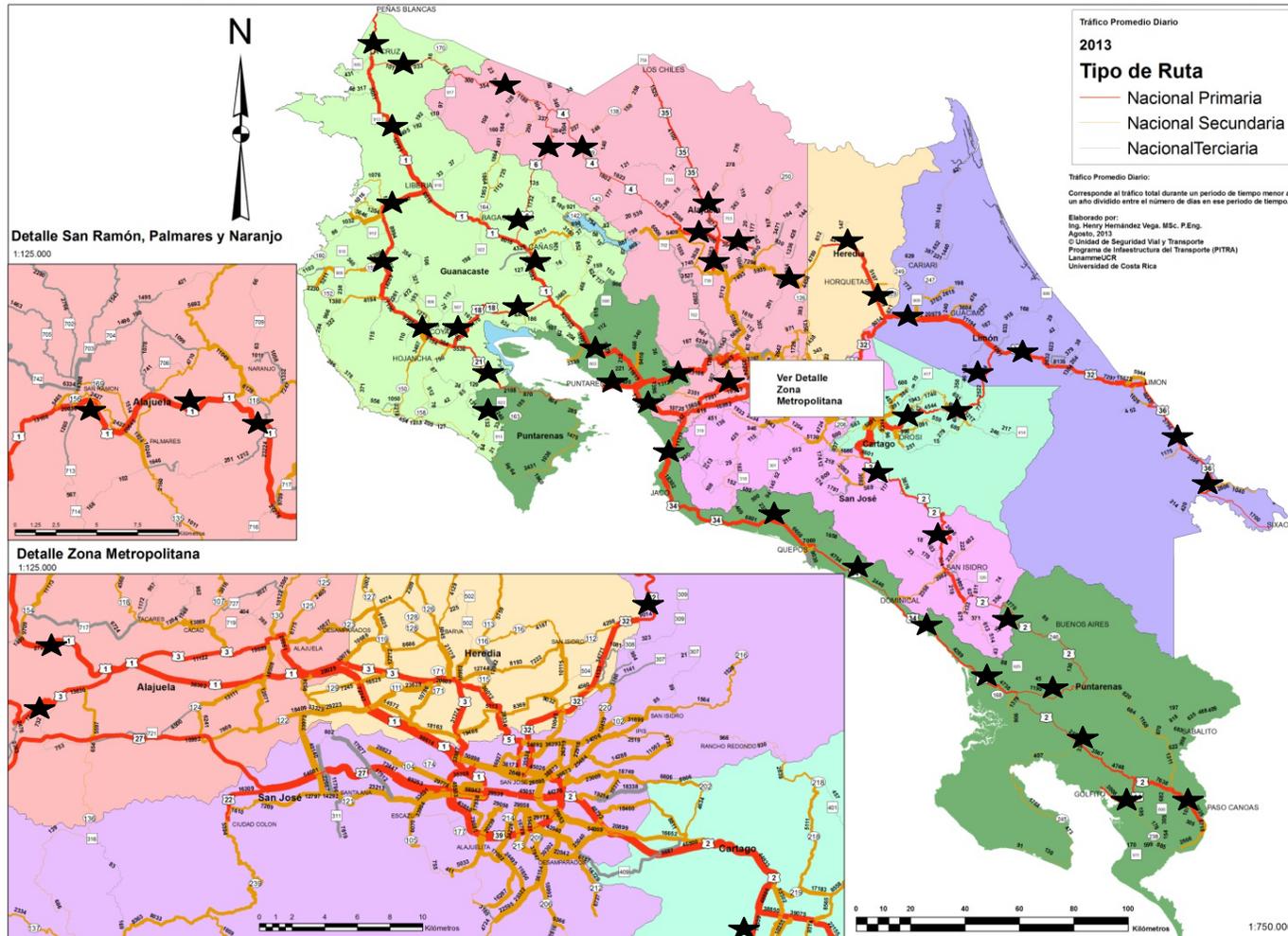


Figura 4. Ubicación de los sitios de estudio. Notas: el mapa de fondo corresponde a Hernández (2013) y las estrellas corresponden a los puntos de estudio propuesto.

Tabla 1. Listado de sitios de estudio. Junio 2013 - Agosto 2013

Ruta	Ubicación	Fecha
1	Río Rosales	jun-13
1	Río Colorado	jun-13
1	Río Grande	jun-13
250	Tramo Aguas Zarcas - Los Chiles de Aguas Zarcas	jun-13
250	Carretera a Pital	jun-13
4	Tramo Muelle - Vuelta Kooper	jun-13
140	Tramo Venecia - Río Cuarto	jun-13
126	Tramo San Miguel - La Virgen	jun-13
4	Tramo Chilamate - Bajos Chilamate	jun-13
4	Tramo Muelle - Kooper	jun-13
35	Tramo Muelle - Los Chiles	jun-13
4	Tramo Muelle - Upala	jun-13
35	Tramo Muelle - Platanares	jun-13
4	Río Chirripó	jun-13
32	Tramo Río Frío - Guápiles	jun-13
606	Tramo Guacimal - Monteverde (sector Guacimal)	jul-13
606	Tramo Guacimal - Monteverde (sector Monteverde)	jul-13
2	Casamata	ago-13
2	Río Peje	ago-13
34	Tramo Uvita - Dominical	ago-13
34	Tramo Quepos - Dominical	ago-13
34	Tramo Damas - Parrita	ago-13
34	Tramo Jacó - Parrita	ago-13

Tabla 2. Listado de sitios de estudio. Septiembre 2013 - Abril 2014

Ruta	Ubicación	Fecha
34	Tramo Jacó - Ruta 27	sep-13
23	Tramo Caldera - El Roble	sep-13
1	Tramo Miramar - Barranca	sep-13
17	La Angostura	sep-13
32	El Cairo de Siquirres	sep-13
10	Tramo Cervantes - Paraíso, Cartago	sep-13
10	CATIE, Turrialba	sep-13
10	Guayacán, Siquirres	sep-13
36	Tramo Bribri - Puerto Viejo	oct-13
36	Tramo Limón - Puerto Viejo	oct-13
2	Tramo Paso Canoas - Ciudad Neily	oct-13
2	Tramo Río Claro - Ciudad Neily	oct-13
14	Tramo Río Claro - Golfito	oct-13
2	Tramo Río Claro - Palmar	oct-13
2	Tramo Paso Real - Palmar	oct-13
18	Tramo Ruta 1 - Tempisque	mar-14
18	Tramo Tempisque - Ruta 21	mar-14
21	Tramo Playa Naranjo - Ruta 18	mar-14
21	Tramo Mansión - Nicoya	mar-14
21	Tramo Nicoya - Santa Cruz	mar-14
21	Tramo Guardia - Liberia	mar-14
1	Tramo Las Juntas - Cañas	abr-14
1	Tramo Liberia - La Cruz	abr-14
1	Tramo La Cruz - Peñas Blancas	abr-14
4	Tramo Santa Cecilia - La Cruz	abr-14
4	Tramo La Cruz - Upala	abr-14
4	Tramo Upala - Guatuso	abr-14
6	Tramo Upala - Bijagua	abr-14
6	Tramo Ruta 1 - Palmira	abr-14
3	Tramo Atenas - La Garita	may-14
3	Tramo San Mateo - Atenas	may-14

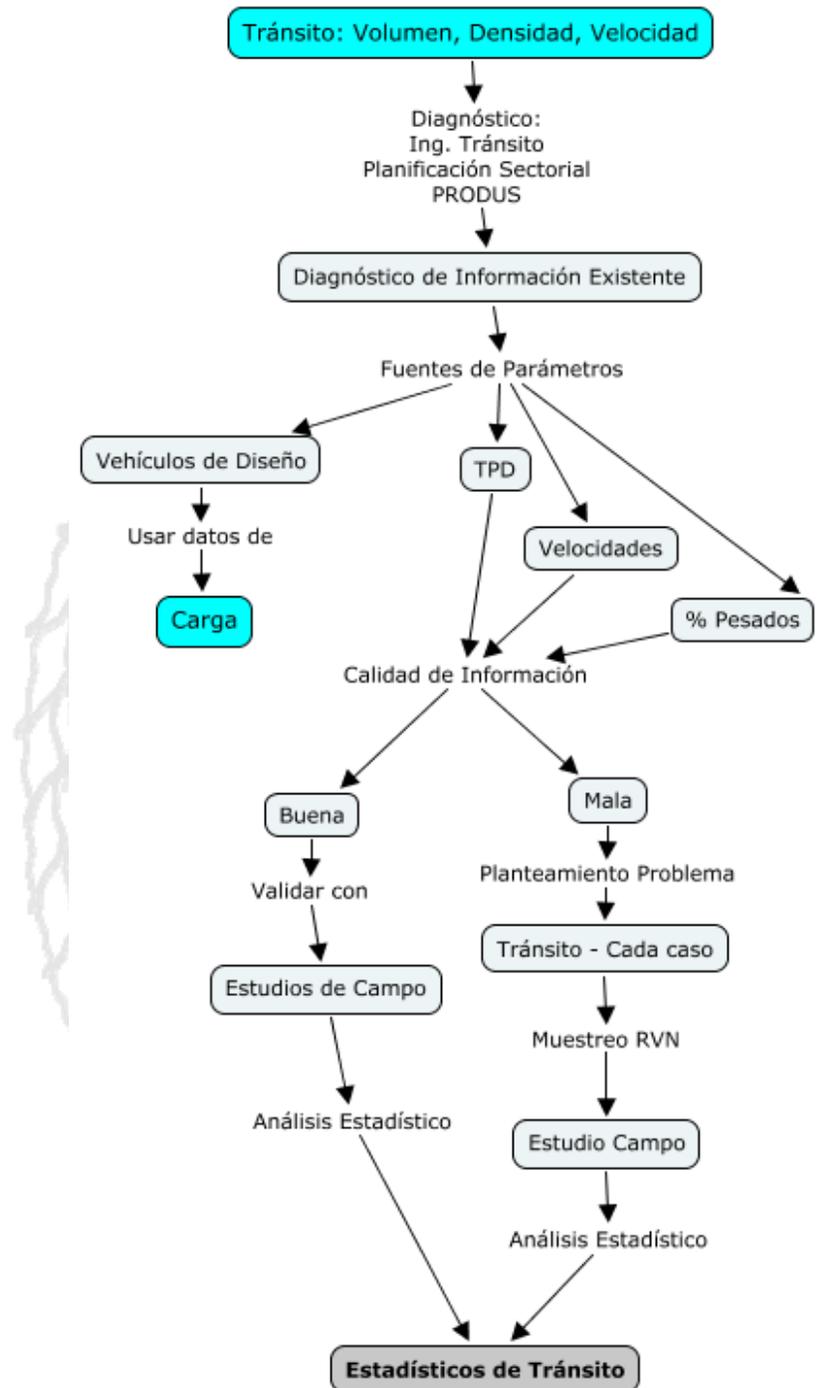


Figura 5. Fase 1: Sub-Líneas Parámetros de Carga. Fuente: Allen, 2013



8. RECURSOS Y CALENDARIZACIÓN

8.1. Recursos técnicos para la recopilación de datos en campo y su análisis

- Equipo de conteo vehicular (con su respectivo software): contadores neumáticos de vehículos con capacidad de reproducir parámetros y estadísticos de: clasificación vehicular, densidad, flujo y velocidades de operación (Tránsito Vehicular).
- Vehículos
- Software para Generación de Bases de Datos (Administración), tipo Access®
- Software estadístico
- Investigadores a de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR con experiencia en investigación aplicada y de campo, con el apoyo y cooperación de la Unidad de Materiales y Pavimentos y la Unidad de Gestión Municipal.
- Estudiantes de último año de Licenciatura en Ingeniería Civil y/o Maestría en Ingeniería de Transportes, y estudiantes de horas asistentes.

Plazo: 2-3 años.

8.2. Recursos Financieros

- Fondos Ley 8114.

9. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente sub-línea de Investigación no se incluyen análisis de los siguientes elementos:

- Otros insumos requeridos para el análisis y diseño de estructuras de pavimento tales como presión de las ruedas, desvío lateral de las llantas. Estos serán investigados mediante otros proyectos.
- Tasa de crecimiento en el tránsito de camiones. Sin embargo, esta investigación provee las bases para el cálculo futuro de las tasas de crecimiento.



- Esta investigación se centra principalmente en la red vial nacional primaria y no cubre otro tipo de rutas exceptuando sitios de estudio correspondientes a otros proyectos que fueron utilizados como complemento a esta investigación.

10. REFERENCIAS

- AASHTO. (2008). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. A Manual of Practice*. [Guía de diseño de pavimento empírico-mecanicista. Manual de Práctica] Washington D.C. Estados Unidos de América.
- ARA, INC., ERES Consultants Division (2004) *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Final Report. Part 2. Design Inputs*. [Guía de diseño de pavimento empírico-mecanicista de estructuras de pavimento nuevas y rehabilitadas. Reporte Final. Parte 2. Insumos de Diseño.] *Transportation Research Board. NCHRP Project 1-37A. Chapter 4 Traffic*. Champaign, Illinois. Estados Unidos de América. Recuperado de http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/Part2_Chapter4_Traffic.pdf
- Allen, J. (2013). *Propuesta de línea de investigación: determinación de parámetros de carga para diseño estructural de pavimentos en Costa Rica*. Unidad de Materiales y Pavimentos. Programa de Infraestructura del Transporte Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- ALLEN, J., y BADILLA, G. (2011). *Determinación de la Carga de Diseño para Pavimentos Flexibles en Costa Rica*. XVI CILA Congreso Iberoamericano del Asfalto, IBP2134_11
- FHWA. (2013). *Traffic Monitoring Guide*. [Guía de monitoreo del tránsito] Federal Highway Administration. US Department of Transportation. Washington D.C. Estados Unidos de América.
- Hernández, H. (2013). Programas de monitoreo de tráfico. *Boletín Técnico PITRA*, 40 (4). PITRA-LanammeUCR. Recuperado de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/templates/university/images/boletines/40.pdf>
- Hernández, H. (2013). *Tráfico Promedio Diario 2013 (Mapa)*. Unidad de Seguridad Vial y Transportes. PITRA-Lanamme. Universidad de Costa Rica.
- MOPT. (2013). *Anuario de Información de Tránsito 2012*. Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación, Dirección General de Planificación Sectorial. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). San José, Costa Rica. Recuperado de <http://www.mopt.go.cr/planificacion/carreteras/AnuarioTr%C3%A1nsito2012.pdf>
- Ulloa, A.; Allen, J., Badilla, G., Sibaja, J. (2008). Determinación de Factores Camión en pavimentos de Costa Rica. *Infraestructura Vial Digital*, 10 (19), 28-37. Recuperado de http://www.lanamme.ucr.ac.cr/riv/index.php?option=com_content&view=article&id=258&Itemid=297
- Universidad de California (2011) CalME manual.



11. GLOSARIO

Access®: Programa de bases de datos.

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

TPD: Tránsito promedio diario.

