



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

Evaluación de la factibilidad del uso
de equipo de auscultación visual de
carreteras (Geo-3D) para elaboración
de inventario de seguridad vial de las
principales vías de Costa Rica

LM-PI-USVT-005-16

PREPARADO POR
Hernández-Vega, Henry
Chavarría-Carranza, Alejandra
Tello-Villegas, Mónica
Jiménez -Romero, Diana
Loría-Salazar, Guillermo



programa de infraestructura
del transporte

San José, Costa Rica
Octubre, 2016

USVT

Unidad de
Seguridad Vial y Transporte

Evaluación de la factibilidad del uso de equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D) para elaboración de inventario de seguridad vial de las principales vías de Costa Rica **LM-PI-USVT-005-16**

Hernández-Vega, Henry ¹; Chavarría-Carranza, Alejandra ²; Tello-Villegas, Mónica ²; Jiménez-Romero, Diana ³ y Loria-Salazar, Luis Guillermo ⁴

1. Ingeniero Investigador Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR
2. Asistente Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR
3. Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR
4. Coordinador general Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) LanammeUCR

Palabras Clave: PITRA, inventario, auscultación visual, seguridad vial

Resumen: Se propone la realización de un inventario de carreteras y caminos a partir de una evaluación de campo, en la que se consideren las características físicas y geométricas más representativas de los tramos seleccionados; mediante el uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D). Este equipo de alta tecnología, cuenta con seis cámaras de alta resolución que permiten hacer el reconocimiento de un proyecto de una manera más rápida y eficiente. La propuesta del proyecto selecciona tramos de rutas nacionales primarias con el fin de cubrir secciones con diferentes características operativas. Estas rutas fueron analizadas por secciones de control que consideraran las características más representativas de cada una de ellas. Se proyecta la obtención de los datos en el campo mediante el uso del equipo para finalmente alimentar la base de datos. Por tanto, el informe tiene como objetivo brindar una evaluación técnica para la realización de inventarios de seguridad vial, utilizando el equipo descrito previamente, que permita recopilar, procesar y analizar los datos obtenidos para la identificación y corrección de las principales fuentes de error y defectos del diseño. Asimismo, este tiene por objetivo orientar la toma de decisiones responsables basadas en la inclusión y seguridad de todos los usuarios de la vía.

Referencias

1. FHWA. (2010). *Model Inventory of Roadway Elements*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation.
2. FHWA. (2007). *Model Minimum Inventory of Roadway Elements—MMIRE*. Washington, DC: Federal Highway Administration. US Department of Transportation.
3. NCHRP. (2008). *NCHRP Report 500 Guidance for Implementation of the Volume 21 Safety Data and Analysis in Developing Emphasis Area Plans*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
4. NHTSA. (2012). *Model Minimum Uniform Crash Criteria*. National Highway Safety Administration, U.S. Department of Transportation.
5. OMS. (2010). *Sistema de datos. Manual de seguridad vial para decisores y profesionales*. Switzerland: Diseño grafico de Inis Communication.

Feasibility descriptive analysis of motorized traffic, pedestrians and cyclists from short term counts on the Campus Rodrigo Facio. University of Costa Rica **LM-PI-USVT-005-16**

Hernández-Vega, Henry¹; Chavarría-Carranza, Alejandra²; Tello-Villegas, Mónica²; Jiménez-Romero, Diana³ y Loria-Salazar, Luis Guillermo⁴

1. *Ingeniero Investigador Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR*
2. *Asistente Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR*
3. *Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR*
4. *Coordinador general Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) LanammeUCR*

Keywords: PITRA, traffic monitoring, pedestrian, bicycle

Abstract: *The use of visual auscultation equipment (Geo-3D) to perform a road inventory that includes physic and geometric elements is proposed. This equipment has six high-resolution cameras allowing a faster and more efficient data processing. Different road segments of the national highway system were selected during the pilot project which were analyzed by control section. This report is a feasibility analysis of using the equipment for road safety inventories.*

References

1. FHWA. (2010). *Model Inventory of Roadway Elements*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation.
2. FHWA. (2007). *Model Minimum Inventory of Roadway Elements—MMIRE*. Washington, DC: Federal Highway Administration. US Department of Transportation.
3. NCHRP. (2008). *NCHRP Report 500 Guidance for Implementation of the Volume 21 Safety Data and Analysis in Developing Emphasis Area Plans*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
4. NHTSA. (2012). *Model Minimum Uniform Crash Criteria*. National Highway Safety Administration, U.S. Department of Transportation.
5. OMS. (2010). *Sistema de datos. Manual de seguridad vial para decisores y profesionales*. Switzerland: Diseño grafico de Inis Communication.

Hernández-Vega, H., Chavarría-Carranza, A., Tello-Villegas, M., Jiménez-Romero, D. & Loría-Salazar, L. (2016). *Evaluación de la factibilidad del uso de equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D) para elaboración de inventario de seguridad vial de las principales vías de Costa Rica LM-PI-USVT-005-16*. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.



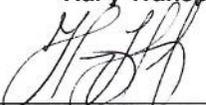
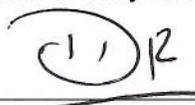
1. Informe LM-PI-USVT-005-16		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Evaluación de la factibilidad del uso de equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D) para elaboración de inventario de seguridad vial de las principales vías de Costa Rica		4. Fecha del Informe 21 de octubre de 2016	
7. Organización 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 No Aplica			
9. Resumen Se propone la realización de un inventario de carreteras y caminos a partir de una evaluación de campo, en la que se consideren las características físicas y geométricas más representativas de los tramos seleccionados; mediante el uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D). Este equipo de alta tecnología, cuenta con seis cámaras de alta resolución que permiten hacer el reconocimiento de un proyecto de una manera más rápida y eficiente, recorriendo la carretera en tiempo real. La propuesta del proyecto selecciona tramos de rutas nacionales primarias con el fin de cubrir secciones con diferentes características operativas. Estas rutas fueron analizadas por secciones de control que consideraran las características más representativas de cada una de ellas. Se proyecta la obtención de los datos en el campo mediante el uso del equipo para finalmente alimentar la base de datos. Por tanto, el informe tiene como objetivo brindar una evaluación técnica para la realización de inventarios de seguridad vial, utilizando el equipo descrito previamente, que permita recopilar, procesar y analizar los datos obtenidos para la identificación y corrección de las principales fuentes de error y defectos del diseño. Asimismo, este tiene por objetivo orientar la toma de decisiones responsables basadas en la inclusión y seguridad de todos los usuarios de la vía.			
10. Palabras clave PITRA, inventario, auscultación visual, seguridad vial		11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 102
13. Preparado por: Ing. Henry Hernández Vega Investigador Unidad Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 21 / 10 / 2016			Alejandra Chavarría Carranza Asistente Unidad Seguridad Vial y Transporte Fecha: 21 / 10 / 2016
			Mónica Tello Villegas Asistente Unidad Seguridad Vial y Transporte Fecha: 21 / 10 / 2016
14. Revisado por: Ing. Diana Jiménez Romero, MSc Coordinadora Unidad Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 21 / 10 / 2016		15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: 21 / 10 / 2016	

Tabla de Contenidos

ABREVIACIONES.....	4
1. RESUMEN.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
3. DESCRIPCIÓN.....	8
4. ANTECEDENTES	10
5. OBJETIVO GENERAL	12
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
7. MARCO TEORICO.....	12
7.1. GUÍA DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE PLANES DE SEGURIDAD VIAL (NCHRP, 2008)	13
7.1.1. INTRODUCCIÓN.....	13
7.1.2. TIPO DE DATOS UTILIZADOS PARA PREPARAR EL PLAN DE SEGURIDAD	15
7.2. MODELO UNIFORME DE CRITERIOS MÍNIMOS DE ACCIDENTES (MMUCC)	17
7.3. MODELO MÍNIMO DE INVENTARIO PARA ELEMENTOS DE LA VÍA.....	20
7.3.1. IDENTIFICACIÓN DE LUGARES QUE PODRÍAN BENEFICIARSE MÁS DE TRATAMIENTOS DE SEGURIDAD	21
7.3.2. DESARROLLO DE CONOCIMIENTO RELACIONADO CON LOS EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS EN LA VÍA.....	22
7.3.3. DESARROLLO DE CONOCIMIENTO ACERCA DE LOS ELEMENTOS Y DISEÑOS DE LA VÍA QUE INCREMENTAN O REDUCEN EL RIESGO DE COLISIÓN.	23
7.3.4. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS POTENCIALES DEL MMIRE 25	
7.4. MODELO DE INVENTARIO PARA ELEMENTOS DE LA VÍA	28



7.4.1. USANDO EL MIRE30

8. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN34

9. ESQUEMA CONCEPTUAL.....38

CONTENIDOS A EVALUAR.....39

10. PROPUESTA BASE39

11. METODOLOGÍA.....40

11.1. ALCANCE.....40

12. RECURSOS Y CALENDARIZACIÓN47

13. LIMITACIONES49

14. RECOMENDACIONES50

15. REFERENCIAS51

ANEXO A54

ANEXO B. FICHA TÉCNICA DEL GEO3D.....74

ANEXO C. MANUAL DE USO PARA GEO 3D75

1. REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA:76

2. IDENTIFICACIÓN DEL SOFTWARE.....77

3. DEFINICIÓN DE LAS COORDENADAS78

4. SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DE LA RUTA A ANALIZAR82

5. CREACIÓN DE LA CAPAS90

6. DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS DE LAS CAPAS MEDIANTE
EL USO DE MICROSOFT ACCESS.....98



ABREVIACIONES

FHWA: Federal Highway Administration

MIRE: Model Inventory of Roadway Elements

MMUCC: Model Minimum Uniform Crash Criteria

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes

OMS: Organización Mundial de la Salud

RVN Red Vial Nacional

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

1. RESUMEN

En Costa Rica, el desplazamiento por carretera es el medio por excelencia de pasajeros y mercancías. La ausencia de la atención suficiente a planes de intervención de los diferentes elementos de la carretera con el fin de mejorar la seguridad vial, ha provocado elevados costes económicos, sociales y considerables pérdidas humanas, particularmente la de los usuarios más vulnerables.

Ante esta situación, se propone la realización de un inventario de carreteras y caminos, a partir de una evaluación de campo, en la que se consideren las características físicas y geométricas más representativas de los tramos seleccionados; mediante el uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D). Este equipo de alta tecnología, cuenta con seis cámaras de alta resolución que permiten hacer el reconocimiento de un proyecto de una manera más rápida y eficiente, recorriendo la carretera en tiempo real.

El proyecto se encontrará dividido en varias fases. En la primera fase, se pretende realizar una recopilación bibliográfica de la información existente relacionado con inventarios de elementos de *seguridad vial* y con la generación de los metadatos para el inventario. La segunda fase, tiene por fundamento la selección de tramos de rutas nacionales primarias con el fin de cubrir secciones con diferentes características operativas. Estas rutas fueron analizadas por secciones de control que consideraran las características más representativas de cada una de ellas. Para la tercera fase, se obtendrán los datos en el campo, mediante el uso del equipo, para finalmente alimentar la base de datos.

El objetivo del presente estudio es diseñar una base de datos para el inventario de elementos de seguridad vial, para posteriormente aplicarla a una muestra de tramos seleccionados de la Red Vial Nacional. Una vez diseñada la base de datos, ésta se incorpora dentro del sistema de auscultación visual de carreteras (Geo-3D) para realizar el inventario respectivo, que incluye las características físicas y geométricas más representativas, desde la perspectiva de la seguridad vial, de los tramos de carreteras seleccionados.

2. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con Hauer (1997) la seguridad vial se manifiesta en la ocurrencia de accidentes y el daño provocado. Adicionalmente, el Consejo de Seguridad Vial (Cosevi) define seguridad vial como la disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos tendientes a garantizar el buen funcionamiento de la circulación de la vía pública, previniendo los accidentes de tránsito (Consejo de Seguridad Vial, s.f.)

El presente informe, tiene como objetivo brindar una propuesta básica para la realización de inventarios de seguridad vial, para que esta sirva como insumo para futuras investigaciones. De acuerdo con el Departamento de Medios de Transporte de la Secretaría de Planificación Sectorial (Dávila-Sácida, 2013), un inventario de carreteras y caminos consiste en una evaluación de campo de las características físicas y geométricas de las rutas de la Red Vial Nacional.

Los accidentes de tránsito, son un importante problema de salud pública y una de las principales causas de defunción y discapacidad en todo el mundo. Se define accidente de tránsito como una colisión o un incidente en el que participan al menos un vehículo de carretera en movimiento ya sea en una vía pública o una vía privada a la que la población tiene derecho a la libertad de acceso y tránsito.

De acuerdo con lo expuesto por la OMS (2010), cada año mueren casi 1,3 millones de personas y millones más sufren traumatismos y discapacidades como resultado de accidentes de tránsito, principalmente en países de ingresos bajos y medianos; además, de generar enormes costos sociales para los individuos, las familias y las comunidades. Se entiende por traumatismos como el "daño físico que se produce cuando un cuerpo humano es sometido súbita o brevemente a niveles de energía intolerables." (OMS, 2010, pág. 4)

Con el desarrollo de la presente propuesta para inventario, se pretende determinar las características más representativas de la Red Vial Nacional; por tanto, se utilizarán rutas primarias representadas por secciones de control.

De acuerdo con la Ley General de Caminos Públicos una ruta primaria se caracteriza por conectar las provincias, para viajes de larga distancia; o bien estas son utilizadas para

comunicar las fronteras del país. Durante el desarrollo del presente informe se hará referencia a las rutas primarias.

Básicamente, se trabajará con secciones de control pues lo que se pretende es elaborar un plan piloto de análisis; el cual, en caso de ser factible, se extenderá en proyectos posteriores hacia la totalidad de las rutas seleccionadas. Una sección de control es un segmento específico de la vía (de una ruta nacional por ejemplo) para la cual se mantiene información de mantenimiento, construcción y otros propósitos administrativos. Los límites de las secciones de control se dan cuando existen intersecciones con otras rutas, en límites cantonales o cuando la vía cambia sus características geométricas o funcionales.

La infraestructura vial comprende toda aquella obra realizada por el ser humano para facilitar la circulación de los diferentes usuarios de la vía: vehículos automotores, motocicletas, bicicletas, peatones, ciclistas. Algunos ejemplos de infraestructura vial, o sus elementos, que se puede citar son: aceras, ciclovías, zonas de paso peatonal, puentes, señales horizontales y verticales, curvas, rampas, entre otras más.

Por su parte, el diseño geométrico de una carretera es el proceso de correlación entre los elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de la geometría . Es decir, la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal. O bien, se puede decir que el diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. A continuación, se mencionan algunos elementos de infraestructura vial y diseño geométrico.

El ancho de calzada hace referencia al ancho de la superficie sobre la cual circula un cierto tránsito vehicular, la cual puede encontrarse dividido en carriles. Estos hacen referencia a la unidad de medida transversal en la que circula una sola fila de vehículos, se caracteriza por poseer una o dos direcciones, con sus respectivos espaldones y en algunas situaciones dividido por una medianera. Para efectos del presente informe, se considera al ancho de carril como la medida que corresponde entre líneas de centro de una línea divisoria (de cualquier tipo: línea de centro, de vía, barrera o bien de borde).

Además, se entenderá por espaldón como la sección contigua a la calzada, cuya finalidad es dar soporte lateral al pavimento, generar espacio para las emergencias y eventual estacionamiento de los vehículos (MOPT, 2010). Una medianera es aquel elemento físico que tiene como función canalizar el flujo de vehículos y la separación de los flujos con sus respectivas direcciones.

Un intercambio es un elemento geométrico de la vía pública que permite pasar por la unión de dos o más flujos de tránsito sin interferir en la circulación de estos. El intercambio se encuentra conformado por una o más rampas con sus respectivos accesos. Se diferencia de la intersección estándar donde una o dos vías convergen, y en la cual los vehículos pueden virar o mantener su trayectoria sin necesariamente tener que detenerse.

3. DESCRIPCIÓN

La Ley General de Caminos Públicos caracteriza la Red Vial Nacional (RVN) de la siguiente manera:

- Se encuentra conformada por carreteras nacionales y cantonales.
- Estas se dividen en: primarias, secundarias y terciarias
- El ente nacional encargado de las carreteras nacionales es el MOPT por medio del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).
- Además, las rutas nacionales se encuentran divididas por segmentos homogéneos (secciones de control).

Para el Departamento de Medios de Transporte de la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT (2011), un inventario de carreteras y caminos consiste en una evaluación de campo de las características físicas y geométricas de las rutas de la Red Vial Nacional. Asimismo, los inventarios tienen por objeto analizar la importancia y desarrollo de la vía para el tránsito vehicular, transporte de bienes y personas, condición de las vías y puentes entre otras obras viales.

De acuerdo con lo expuesto por Dávila-Sácida (comunicación personal, 19 de febrero 2013) los inventarios físicos se realizan de manera manual principalmente realizando

inspecciones visuales. Al momento de la entrevista, se indicó que el Departamento de Medios de Transporte tiene limitación de recursos para realizar los inventarios, por lo general utilizan el odómetro y el GPS, sin embargo, son instrumentos muy sencillos y presentan limitaciones.

Los inventarios de la vía, en conjunto con los datos de tráfico, son elementos críticos para la administración de la seguridad vial; puesto que pueden ser referenciados y utilizados para tomar decisiones relacionadas con la implementación de la seguridad vial y con el desarrollo de conocimientos acerca del efecto de estos tratamientos, en diseños de vías y operaciones de tráfico.

Con el presente informe, se pretende brindar una propuesta básica para la realización de los inventarios de seguridad vial; que permita recopilar, procesar y analizar los datos obtenidos para la identificación y corrección de las principales fuentes de error y efectos del diseño.

La metodología a seguir se encuentra fundamentada en varias fases. En la primera de ellas, se pretende realizar una recopilación bibliográfica de la información existente; considerando tanto la experiencia nacional como la internacional.

La segunda fase, tiene por objetivo la selección de secciones de control en varias rutas primarias con las que se va a trabajar; estas deben ser seleccionadas estratégicamente pues lo que se pretende es estudiar la factibilidad de inventariar secciones de la RVN con diferentes tipologías. Por tanto, es necesario seleccionar rutas con características representativas, estas se mencionan a continuación:

- Ruta 2. Autopista Florencio del Castillo (San José a Cartago)
- Ruta 2. Interamericana Sur (Cartago a Paso Canoas)
- Ruta 27. Autopista Próspero Fernández (San José a Santa Ana)
- Ruta 27 Autopista José María Castro Madriz (Santa Ana a Caldera)
- Ruta 32. Autopista Braulio Carrillo (San José a Limón)

La selección exclusiva de rutas primarias para el estudio, se justifica con la distribución de accidentes analizados para el 2012 por tipo de ruta que se muestra en la Figura 1; donde

se muestra que más de las dos terceras partes de los accidentes analizados ocurrieron en rutas nacionales.

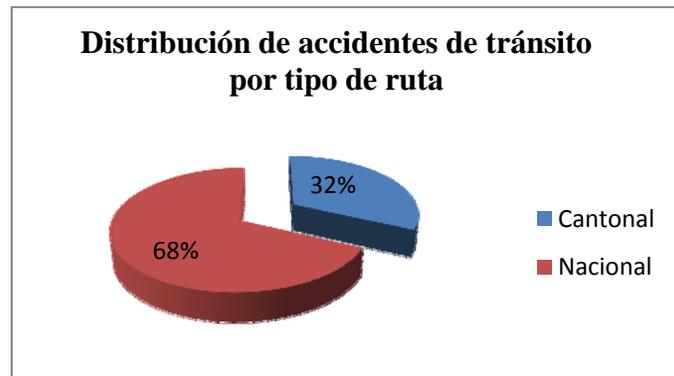


Figura 1. Distribución de accidentes de tránsito según el tipo de ruta

Fuente: Cosevi, 2014

Para la tercera fase, se propone una evaluación de campo, en la que se consideren las características físicas y geométricas más representativas de los tramos seleccionados; mediante el uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D). Este software cuenta con seis cámaras de alta resolución que permiten hacer el reconocimiento y levantamiento de características de un proyecto, de una manera más rápida y eficiente.

Finalmente, con la información obtenida en campo se realiza el informe respectivo.

4. ANTECEDENTES

La Administración Federal de Carreteras (Federal Highway Administration, FHWA por sus siglas en inglés), publicó un reporte titulado Modelo de inventario para los elementos de la vía (Model Inventory of Roadway Elements, MIRE por sus siglas en inglés); el cual presentó una lista de inventario de la vía y de elementos del tráfico críticos para la administración de la seguridad vial y además propuso un código estandarizado para cada uno (FHWA, 2010).

El reporte incluía recomendaciones para tratar temas de seguridad vial en la áreas de estrategias, eficiencia y utilidad; elementos claves para tomar decisiones correctas en el diseño y operación de las vías. Desde su publicación hasta la actualidad, las listas del MIRE han sido revisadas incluyendo actualmente más de 200 elementos.

Asimismo, el Model Minimum Uniform Crash Criteria (MMUCC por sus siglas en inglés), (2012), tiene como propósito proveer un conjunto de datos para describir los accidentes de vehículos de transporte; con el fin de generar la información necesaria para la toma de decisiones con respecto a la seguridad vial (NHTSA, 2012).

Dicha guía recomienda que, en Estados Unidos de América, los estados apliquen los 110 elementos de datos incluidos en el documento, no obstante, para reducir la carga de la recopilación recomienda que los representantes de la ley deban recoger 77 de los 110 elementos de datos en la escena del accidente.

Por medio de la información de escena del accidente, pueden ser derivados 10 elementos de datos, mientras que los 23 restantes deberán ser obtenidos en coordinación efectiva con otros archivos de datos dentro de la organización.

La OMS (2010), señala la importancia de contar con sistema de datos sobre accidentes viales que sean fiables y exactos para identificar correctamente los problemas, asignar recursos, identificar los factores de riesgo y las áreas prioritarias; para formular una estrategia establecer metas y supervisar el desempeño de la gestión de la seguridad vial. Asimismo, el manual describe una serie de estrategias para mejorar la calidad de los datos y fortalecer el desempeño de los sistemas que ya están funcionando, así como los pasos necesarios para planificar, diseñar y poner en marcha un sistema nuevo; dejando la posibilidad de la utilización de diferentes métodos de acuerdo a las necesidades de cada país o jurisdicción.

Finalmente, el manual ofrece una orientación sobre la manera de difundir los datos de seguridad vial y maximizar las probabilidades de que se utilicen, y sobre la manera de usarlos para mejorar la seguridad vial, hacer un seguimiento de los resultados y evaluar el impacto de las intervenciones.

Para el caso de Costa Rica, el MOPT comienza a realizar los inventarios de la RVN en los años ochenta (Dávila-Sácida, 2013). Actualmente, la RVN se encuentra conformada por 7 600 km de longitud y durante el 2012 el MOPT realizó el inventario físico de 3 300 km priorizando las rutas con inventarios menos recientes. En años recientes, incluyendo el 2012, los inventarios en rutas de lastre fueron priorizados debido a que estos se encontraban muy desactualizados.

Para el 2008 se hacían inventarios de puentes para hacer un programa de intervención basado en un manual de inspección de puentes. Actualmente, se consideran ciertas

características geométricas de los puentes, pero este es visto como un componente de la carretera y no como un elemento independiente.

5. OBJETIVO GENERAL

Generar una propuesta para realizar un inventario de carreteras y caminos, desde la perspectiva de la seguridad vial, a partir de una evaluación de campo, sobre las características físicas y geométricas más representativas de los tramos de carreteras seleccionados de la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica mediante el uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D).

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una base de datos para el inventario de elementos de seguridad vial, para posteriormente aplicarla a una muestra de tramos seleccionados de la Red Vial Nacional.
- Incorporar la base de datos dentro del sistema de auscultación visual de carreteras (Geo-3D) para realizar el inventario respectivo, que incluye las características físicas y geométricas más representativas, desde la perspectiva de la seguridad vial, de los tramos de carreteras seleccionados.
- Evaluar el proceso de recopilación de la información utilizando el sistema de auscultación visual de carreteras (Geo-3D) en términos de factibilidad y recursos dedicados.

7. MARCO TEORICO

En el presente apartado se presenta un resumen de los principales documentos revisados para la elaboración de este proyecto.

Se realizó una revisión de cuatro documentos que son utilizados para la elaboración de la base de datos propuesta en el presente informe. Los documentos analizados son los siguientes:

- Guía de información y análisis para el desarrollo de planes de seguridad vial (NCHRP, 2008)
- Modelo Uniforme de Criterios Mínimos de Accidentes (MMUCC, 2012)

- Modelo Mínimo de Inventario para Elementos de la Vía (FHWA, 2007)
- Modelo de Inventario para Elementos de la Vía (FHWA, 2010)

A continuación, se presenta un breve resumen de cada documento,

7.1. Guía de información y análisis para el desarrollo de planes de seguridad vial (NCHRP, 2008)

7.1.1. Introducción

En 1997, la Asociación americana de oficiales de carreteras estatales y transportes (AASHTO, por sus siglas en inglés) aprobó su Plan Estratégico de Seguridad Vial con el objetivo de reducir los accidentes en las autopistas (AASHTO, 2005). El plan incluye estrategias en 22 áreas de énfasis claves que afectan la seguridad en las vías. El Proyecto NCHRP 17-18 (3) está desarrollando una serie de guías para asistir a agencias estatales y locales en la reducción de heridos y fatalidades. Cada guía está enfocada en una de las áreas de énfasis e incluye una breve introducción, descripción general del problema, estrategias y medidas para localizar el problema y un modelo para la implementación del proceso. Estas guías son publicadas como volúmenes individuales con el Reporte NCHRP 500: Guía para la implementación del Plan Estratégico de Seguridad Vial de AASHTO.

Además de las guías individuales, el Reporte NCHRP 501: Manejo Integrado del Proceso para reducir heridas y fatalidades en autopistas; proporciona un marco general para la coordinación de un programa de seguridad vial. El proceso incluye metodologías para ayudar al profesional en la identificación de problemas, optimización de recursos y las mediciones de desempeño.

Durante los años 2004 y 2005 se realizaron una serie de reuniones con los encargados de los estados líderes para probar los primeros volúmenes producidos del Reporte NCHRP 500. Se brindó asistencia técnica de forma que los estados desarrollaran planes para las diferentes áreas de énfasis. Debido a problemas generados durante el proceso, se creó información adicional que incluía ejemplos detallados con el procedimiento para el análisis

de datos que los estados podían utilizar para la selección de estrategias y las medidas de acuerdo al área analizada.

Luego se decidió crear una guía adicional que asistiera a los usuarios estatales y locales a localizar y analizar información de seguridad pertinente en sus planes para cualquier de las 22 áreas de énfasis. El propósito de la Guía de Información y Análisis es proporcionar orientación sobre las fuentes de los datos de seguridad necesarios y en los procedimientos para la elección de las mejores estrategias y medidas.

Hay varios pasos necesarios para planear e implementar estrategias de seguridad exitosamente de acuerdo a cada área. Muchos de estos pasos están relacionados con el desarrollo del equipo de seguridad con administradores, planificadores, directores de programa y analistas. Los procedimientos están cubiertos en detalle en ambos reportes del NCHRP. Los procedimientos anteriores cubren el proceso de la planificación de seguridad, esta Guía de Información y Análisis está enfocada en los procedimientos y pasos necesarios relacionados con los datos involucrados en la planificación de cada área de énfasis. La planificación de la seguridad para situaciones en la que no se tiene información sobre accidentes está fuera del alcance de esta guía. Sin embargo, los directores de los programas de seguridad deben estar claros que hay importantes áreas de énfasis, incluyendo la seguridad de peatones y ciclistas, para los cuales debe realizar un plan de seguridad aun cuando no exista información de accidentes o esta sea limitada. Esta guía sugiere tipos de datos que son potencialmente útiles para desarrollar un plan de seguridad como complemento de la información de accidentes.

Además, se aborda el desarrollo de planes de seguridad para áreas de énfasis en específico, pero no la evaluación de la efectividad de estos planes luego de su implementación. Los objetivos son los siguientes:

- Especificar un procedimiento básico de tres etapas para desarrollar un plan para un área de énfasis: (1) elegir el área de énfasis, (2) proponer un objetivo, (3) elegir entre las estrategias posibles en la zona considerada y la orientación de su aplicación a las sub-poblaciones de usuarios de la carretera, tipos de vehículos, o ubicación de las carreteras.
- Definir el procedimiento de datos relacionados con la carretera, usuarios de la vía y vehículos, basados en el área de énfasis que ayuden al usuario en la tercera fase, seleccionando las posibles estrategias de tratamiento.

- Definir procedimientos que pueden ser utilizados con tres niveles de datos de seguridad y eficacia del tratamiento:
 - Eficacia del tratamiento conocido combinado con el accidente, inventario de la vía y los datos de tráfico.
 - Eficacia del tratamiento conocido combinado con los datos del accidente únicamente.
 - Eficacia del tratamiento desconocida y únicamente con los datos del accidente.
- Personalizar los procedimientos y descripciones de datos para los diferentes grupos de áreas de énfasis (por ejemplo, los accidentes de abandono del carril, las poblaciones de carreteras de usuarios especiales incluidos los conductores, peatones y ciclistas mayores y menores).

Introducción a los procedimientos propuestos

Como se indicó antes, el desarrollo de un plan de seguridad es un proceso de varias etapas. El término de “etapa” será utilizado para describir los procedimientos mayores requeridos para el desarrollo del plan. El término “paso” será utilizado para describir procedimientos individuales que conducen al procedimiento mayor (etapa).

- Etapa 1: Definir las áreas de énfasis del problema
- Etapa 2: Seleccionar una reducción de accidentes, heridos o muertes como meta para el problema analizado
- Etapa 3: Definir una serie de tratamientos o estrategias y los objetivos respectivos.

7.1.2. Tipo de datos utilizados para preparar el Plan de Seguridad

Existen varios tipos de datos que pueden ser utilizados para realizar el Plan de Seguridad. La selección del procedimiento dependerá de la información con la que el usuario cuente. Los tipos de datos relacionados con la gestión de seguridad vial señalados en el reporte se muestran a continuación:

- 1) Datos y archivos relacionados con accidentes
- 2) Inventario de datos de carretera
- 3) Datos de volumen de tráfico
- 4) Archivo de historia del conductor
- 5) Archivos de registro de vehículos
- 6) Archivos de sistema de vigilancia de lesiones estatalmente
- 7) Archivos de censo de la población

- 8) Seguimiento de citas y archivos de seguimientos de conductores en estado de ebriedad
- 9) Archivo de datos locales
- 10) Otros archivos de seguridad
- 11) Datos de tiempo

En este apartado se explican los datos de inventario de carretera y los datos de volumen de tráfico.

7.1.2.1. Inventario de datos de carretera

Inventario de datos estatales

Cada agencia de carretera de estado recopila y mantiene datos de inventario de carretera en cada sección de la carretera con respecto a los sistemas que controlan. Los datos son por lo general información “seccionada” de la carretera – número de carriles, tipo y ancho de espaldón, y tipo de pavimento. La mayoría de los estados también tienen archivos suplementarios que describen puentes, y pasos a nivel de ferrocarril que pueden usualmente estar relacionados con el archivo de información básica de la vía.

Muy pocos sistemas estatales también incluyen información sobre las curvas y pendientes (dos predictores importantes de seguridad). Un número limitado de estados también han desarrollado inventarios de intersecciones e intercambios incluyendo descripciones detalladas del tipo de intersección, tipo de control de tráfico, carriles de giro exclusivo, carriles principales y volúmenes de tráfico, tipo de intercambio y longitud de rampas.

La falta de datos sobre intersecciones e intercambios, en la mayoría de los inventarios de las agencias de carreteras, es una limitación clave para la planificación y la gestión de la seguridad de dichos elementos . Se espera que el desarrollo de requisitos uniformes para tales datos de inventario y el desarrollo de herramientas para el análisis de seguridad que pueda usar estos datos promueva un mayor uso de datos de intersecciones e intercambios.

Highway Performance Monitoring System (HPMS)

Muchos de los sistemas de inventario de carretera descritos antes son expansiones del sistema HPMS. HPMS es similar a los sistemas de inventarios estatales, pero está basado en una muestra de diferentes clasificaciones funcionales en cada estado en vez de contener la información para todo el estado por lo que contiene datos limitados.

Sin embargo, puesto que las muestras se encuentran en el inventario de estado y los accidentes pueden relacionarse con ellas, el analista de estado utiliza el sistema estatal en lugar de HPMS para análisis de seguridad.

7.1.2.2. Datos de volumen de tráfico

Las agencias estatales de carreteras recolectan datos de volumen de tráfico (Tránsito Promedio Diario Anual, TPDA) para las vías en el sistema de control del estado. Los TPDAs son retenidos en el archivo inventario de las vías, o en una archivo separa que tiene relación con el inventario.

Además de los TPDAs, las agencias de estado también obtienen conteos y/o porcentaje de pesados para cada sección de la vía. Estos están basados en conteos realizados con equipos especiales capaces de separar los vehículos en clases por longitud y número de ejes.

Es común para vías locales, que se tienen conteos únicamente de intersecciones, realizados para estudios de señalización. En general, los datos de tráfico de volumen están más limitados en las jurisdicciones locales que en las vías del sistema estatal.

7.2. Modelo Uniforme de Criterios Mínimos de Accidentes (MMUCC)

El propósito del Modelo Uniforme de Criterios Mínimos de Accidentes (MMUCC, por sus siglas en inglés) es proveer un conjunto de datos para describir los accidentes de vehículos en transporte con el fin de generar la información necesaria para mejorar la seguridad vial dentro de cada estado como a nivel nacional (MMUCC, 2012).

En los Estados Unidos de América, los sistemas estatales de datos de accidentes de vehículos proveen la información básica para esfuerzos efectivos de seguridad en carreteras a cualquier nivel del gobierno, local, estatal o federal. Los datos de accidentes estatales son utilizados para identificar los problemas, establecer metas y medidas de desempeño, asignar recursos, determinar el progreso de programas específicos, y apoyar el desarrollo y la evaluación de las contramedidas de la seguridad vial. Desafortunadamente, el uso de datos de accidentes de Estado a menudo se ve obstaculizada por la falta de uniformidad entre y dentro de los Estados.

MMUCC representa un esfuerzo voluntario y de colaboración para generar datos uniformes de accidentes que sean exactos, fiables y creíble para la toma de decisiones con respecto a la seguridad vial dentro del un estado, entre los estados, y a nivel nacional. Este programa fue originalmente desarrollado en respuesta a solicitudes de los Estados interesados en mejorar y estandarizar sus datos de accidentes. La falta de uniformidad reportada hizo que el intercambio y la comparación de datos entre estados fuera difícil.

MMUCC recomienda la aplicación de un “conjunto mínimo” de elementos estandarizados de datos para promover la comparación de los datos sin importar la comunidad. Esto sirve como una base para los sistemas de datos de accidentes de los estados. Los esfuerzos para estandarizar los datos de accidentes han aumentado desde que el MMUCC fue originalmente recomendado como una guía voluntaria en 1998. Cada vez más estados incluyen este modelo en su proceso de revisión de los datos.

La implementación del MMUCC es un esfuerzo de colaboración entre la Asociación de Gobernadores de Seguridad en Carreteras, la Administración Federal de Carreteras, la Administración Federal de Seguridad de Autotransportes y la Administración Nacional de Seguridad Vial (GHSA, FHWA, FMCSA, NHTSA; todas por sus siglas en inglés). La revisión y actualización de la guía MMUCC, tercera edición (2008) se estructuró para obtener máximo uso de todos los sectores de la comunidad de seguridad vial. Durante 12 meses se obtuvo retroalimentación a través de reuniones, vía web, correo electrónico y teléfono, antes de producir la cuarta edición (2012).

Los elementos de datos MMUCC representan un conjunto básico de elementos de datos, la mayoría de los cuales estaban siendo recogidos por los estados antes de la publicación

de la primera edición de la Guía MMUCC. Los 107 elementos de datos que figuran en la Guía MMUCC, tercera edición (2008) se revisaron en respuesta a los nuevos problemas y necesidades de seguridad en las carreteras. La cuarta edición de la guía MMUCC contiene 110 elementos de datos.

La guía MMUCC, 4ta edición (2012) recomienda que los estados apliquen los 110 elementos de datos incluidos en la guía. Para reducir la carga de recopilación de datos, MMUCC recomienda que los representantes de la ley deban recoger 77 de los 110 elementos de datos en la escena del accidente. Por medio de la información de escena del accidente, 10 elementos de datos pueden ser derivados, mientras que los 23 restantes deberán ser obtenidos en coordinación efectiva con otros archivos de datos del estado. Los estados que no pueden vincular a otros datos a nivel estatal para obtener los elementos de datos de la guía MMUCC, deberán recolectar como mínimo aquellos elementos de datos vinculados al informe del accidente. Al mismo tiempo, los estados deben trabajar para desarrollar capacidades de vinculación de datos de forma que eventualmente sean capaces de obtener toda la información.

Debido a que los conjuntos de datos y los sistemas estatales son las difíciles de implementar o cambiar, no se realizarán cambios en la guía MMUCC, 4ta edición (2012) por cinco años. Durante este período, cada elemento de datos y sus atributos serán monitoreados para determinar su utilidad y fiabilidad. La próxima actualización para la guía MMUCC está programada para el 2017. La información relevante que se debería recopilar cuando ocurre un accidente de tránsito relacionados con la vía son los siguientes:

- RL1. Número de identificación del puente/estructura
- RL2. Curvatura de la carretera
- RL3. Pendiente
- RL4. Parte del sistema nacional de carreteras
- RL5. Clase funcional de la carretera
- RL6. Tránsito promedio diario anual
- RL7. Ancho de carriles y espaldones
- RL8. Ancho de medianera
- RL9. Control de acceso

- RL10. Identificación del cruce ferroviario
- RL11. Iluminación de la vía
- RL12. Marcas en el pavimento, Longitudinal
- RL13. Presencia/Tipo de facilidad para bicicletas
- RL14. Tipo de control de tráfico en la intersección
- RL15. Número de carriles en la intersección (Sentido principal)
- RL16. Número de carriles en la intersección (Al otro lado)
- R17. Volumen total de vehículos entrando

7.3. Modelo Mínimo de Inventario para Elementos de la Vía

El Modelo Mínimo de inventario para elementos de la vía (MMIRE por sus siglas en inglés) define el inventario y datos de tráfico críticos requeridos por los estados y jurisdicciones locales para satisfacer las necesidades actuales para análisis de seguridad vial y necesidades de datos que surjan de las nuevas generaciones de herramientas de análisis de seguridad vial (FHWA, 2007).

Una atención y un esfuerzo considerables han sido dedicados para la mejora de datos de colisiones de tránsito, una de las principales bases de datos de seguridad vial, pero mucho menos esfuerzo ha sido dedicado para mejorar la segunda principal base de datos de seguridad vial -un inventario de las vías y de los datos de tráfico.

El concepto del MMIRE incluye una lista de elementos de tráfico y de inventario de la vía que son críticos para la administración de la seguridad vial y la codificación propuesta para cada uno de estos elementos críticos. Estos datos de tráfico y de inventario de alta prioridad son referenciados y después usados con datos de colisiones de tránsito para tomar de decisiones relacionadas con la implementación de tratamientos de seguridad vial y con el desarrollo de conocimiento acerca del efecto de estos tratamientos, diseños de la vía y operaciones de tráfico (por ejemplo, fases de un semáforo). Mientras los datos de colisiones pueden ser usados solos por un estado o una agencia de seguridad vial para responder algunas preguntas (por ejemplo, la identificación de sitios para tratar), estos no son suficientes en muchos casos. Sin datos de tráfico e inventario adecuados, la habilidad de los profesionales en seguridad vial para tomar decisiones pragmáticas se ve altamente

reducida. Ejemplos donde datos de tráfico e inventario son necesitados incluyen los siguientes:

7.3.1. Identificación de lugares que podrían beneficiarse más de tratamientos de seguridad

Los fondos destinados a tratamientos de seguridad vial son limitados, y deben ser usados en lugares que tengan el mayor beneficio de los tratamientos. Mientras estos problemas en la toma de decisiones relacionados con la identificación de las ubicaciones pueden, y frecuentemente son, hechos basados en la frecuencia de colisiones de tránsito, este proceso no permite al ingeniero de seguridad vial el identificar cuales sitios son los más probables de beneficiarse de los tratamientos de seguridad vial.

Para cumplir con estos criterios, el sitio no solamente tiene que tener la frecuencia más alta de colisiones, pero tener además un riesgo alto de colisiones cuando es comparado con sitios similares. Más específicamente, la identificación de intersecciones de alta prioridad aplicando únicamente podría llevar a una lista que incluya principalmente (o únicamente) intersecciones con altos volúmenes de tránsito.

Para identificar las intersecciones de alto y bajo tránsito que obtendrían el mayor beneficio a partir del tratamiento, es necesario identificar aquellas que tienen las frecuencias o tasas más altas cuando son comparadas con intersecciones similares basadas en las características de la intersección (por ejemplo, volúmenes de tránsito entrando en todos los accesos, número de carriles en todos los accesos, con semáforo vs sin semáforo, presencia de giros a la izquierda y fases de los semáforos).

Sin un archivo de inventario que incluya tanto la localización de todas las intersecciones dentro de un sistema como las características de cada uno de los accesos de la intersección no es posible llevar a cabo estos análisis dado que los grupos necesarios de intersecciones similares no pueden ser identificados. Aún si el ingeniero de seguridad vial decide no usar este proceso robusto de identificación de problemas, pero comparar las intersecciones basado en las tasas de colisiones (por ejemplo, número de colisiones por vehículo entrando a la intersección) en vez de solo frecuencias de accidentes, no podría tan siquiera completar este proceso menos robusto sin los volúmenes de las calles que se

cruzan -datos que no están disponibles en la mayoría de estados y agencias locales. Esto es particularmente cierto cuando la calle que cruza la calle principal no forma parte del sistema estatal (por ejemplo una calle municipal).

7.3.2. Desarrollo de conocimiento relacionado con los efectos de los tratamientos en la vía

Tal como ha sido documentado en varias publicaciones, incluyendo las "Series 500" del NCHRP Guías de implementación para los planes estratégicos de seguridad vial de la AASHTO, muchos tratamientos comúnmente usados tienen estimadores del efecto, en términos de seguridad vial, (por ejemplo, factores de modificación de accidentes, AMFs por sus siglas en inglés) desconocidos o basados en datos y métodos de investigación pobres (FHWA, 2007, pág. 3).

Los profesionales de seguridad vial y la comunidad de investigadores en seguridad vial están continuamente tratando de evaluar tratamientos críticos. Sin embargo, el llevar a cabo una evaluación adecuada requiere mucho más que comparar la experiencia de colisiones antes y después en el sitio tratado. Los métodos según el estado del arte actual requieren el uso de un grupo de referencia de sitios similares sin tratamiento. Aún evaluaciones básicas de los tratamientos aplicados requieren un grupo de sitios similares sin tratamiento para comparar el efecto de la intervención. Sin un buen sistema de inventario, estos grupos no pueden ser definidos.

Uso de una nueva generación de herramientas de administración de la seguridad vial: En años recientes, la FHWA y AASHTO han estado desarrollando un set de nuevas herramientas analíticas y recursos de punta para ayudar al diseñador de la vía y al ingeniero de seguridad vial en sus diseños, operaciones y en las decisiones de tratamiento. Estas incluyen el Modelo de diseño interactivo de seguridad vial (IHSDM por sus siglas en inglés) y el Analista de seguridad vial (Safety Analyst) de la FHWA y las guías de datos y análisis (Series 500) y el Manual de Seguridad Vial (Highway Safety Manual). IHSDM es un sistema basado en CAD, que incluye varios módulos que permiten al usuario el predecir el desempeño de seguridad vial esperado de un diseño de vía y rediseñar alternativas.

Actualmente, solo la versión para vías rurales de dos carriles ha sido desarrollada. Sin embargo, herramientas similares están siendo desarrolladas para arterias urbanas y suburbanas y carreteras rurales multicarril. Estas herramientas serán incluidas en la primera versión del Manual de Seguridad Vial, que es una compilación de conocimiento de seguridad vial y herramientas de análisis de seguridad vial que han sido desarrolladas por la Junta de Investigación del Transporte (TRB por sus siglas en inglés) con fondos de AASTHO.

El Safety Analyst es un paquete de herramientas de seguridad vial que asisten al usuario en sus esfuerzos que van desde revisar la red vial para identificar sitios de mejora para analizar los sitios y escoger los tratamientos más apropiados para mejoramiento y evaluar los efectos del tratamiento. Las guías que forman parte de las Series 500 de AASHTO son compilaciones de conocimiento actual de tratamientos de bajo costo y enfocados a reducir ciertos tipos específicos de colisiones (por ejemplo salidas de la vía, colisiones en intersecciones sin semáforo, colisiones con conductores en estado de ebriedad). La última guía en esta serie, una guía para abordar datos de seguridad vial y análisis en desarrollar planes con un área de énfasis, contiene técnicas analíticas para asistir al ingeniero de seguridad vial y otros profesionales de seguridad vial en cómo reducir cada uno de los 22 tipos de colisiones cubiertos en las Series 500. Todas estas nuevas herramientas requieren buenos datos de inventario y de flujo vehicular para ser usados. Sin estos datos, el profesional de seguridad vial no puede tomar toda las ventajas de las herramientas para la toma de decisiones de seguridad vial (FHWA, 2007, pág. 4).

7.3.3. Desarrollo de conocimiento acerca de los elementos y diseños de la vía que incrementan o reducen el riesgo de colisión.

El estudio de los efectos en seguridad vial debido a cambios en los elementos de la vía conduce al mejoramiento de los estándares de diseño y procedimientos operativos que afectan como los ingenieros hacen su trabajo. Estos estudios no pueden ser completados sin información detallada de las características de la vía y los flujos de tránsito en los segmentos con y sin colisiones. Actualmente, muy poco es sabido acerca del efecto de riesgo de colisión verdadero de elementos como curvatura o pendiente en carreteras rurales multicarril y carreteras suburbanas, densidad de accesos, políticas en control de

acceso y muchas otras. La falta de este conocimiento afecta las decisiones de seguridad vial, y esta falta de conocimiento resulta del hecho que datos de un inventario completo que pueda ser relacionado con las colisiones no se encuentra disponible en la mayoría de los estados y jurisdicciones locales (FHWA, 2007, pág. 4).

Casi todas las agencias de autopistas estatales y algunas agencias de transporte local tienen actualmente datos de inventario y datos de flujos de tráfico en sus archivos. Estos datos fueron frecuentemente el resultado de la expansión de los esfuerzos de recolección de datos requeridos por el Sistema de monitoreo del desempeño de autopistas (HPMS por sus siglas en inglés) del FHWA para secciones de muestra de las vías a todo el sistema de vías estatal. Mientras que el HPMS ha sido la fuerza conductora detrás de la recopilación de los datos de inventario y de flujo de tráfico por parte de los departamento de transporte estatales (DOT por sus siglas en ingles), este no puede ser considerado el modelo para inventarios de seguridad vial debido a lo siguiente:

- Es basado en la necesidad de datos en condición de la vía, desempeño, uso y características operativas de autopistas y no es impulsado por consideraciones de seguridad vial.
- Requiere datos de inventario de únicamente variables básicas, mientras que otras variables son capturadas únicamente para ciertas secciones de muestra de la vía (por ejemplo, ancho de carril, ancho de espaldón).
- El formato de ciertas variables, inclusive aquellas recopiladas en únicamente las secciones de muestra, no son favorables para su uso en seguridad vial (por ejemplo, los datos de curvatura horizontal especifican la longitud total de curva dentro de la muestra para ciertas clases de curvas, pero no la ubicación de las curvas individuales dentro de la sección).

En los Estados Unidos, muchos inventarios recopilan variables como ancho de carril, ancho y tipo de espaldón, límite de velocidad y otras variables de la sección transversal, muy pocos estados recopilan información de pendientes, inventarios de intersecciones y de costados de la vía y otros elementos críticos para la seguridad vial (FHWA, 2007, pág. 5).

Uno de las estrategias críticas incluye el mejoramiento datos de seguridad vial a través de la definición de buenos datos de inventario, y a través del desarrollo de un Modelo Mínimo de Inventario para Elementos de la Vía (MMIRE, por sus siglas en inglés).

7.3.4. Identificación de elementos potenciales del MMIRE

Como fue indicado anteriormente, el objetivo del MMIRE es el identificar los elementos críticos para inventarios de seguridad vial (elementos requeridos por agencias estatales y locales para llevar a cabo sus análisis internos, y aquellos elementos requeridos por las herramientas de análisis y recursos existentes. Sin embargo, este esfuerzo no fue limitado a las necesidades de datos existentes. Elementos que serán requeridos en herramientas de análisis y programas de decisión futuros también fueron contemplados. Por ejemplo, la seguridad de peatones y ciclistas están en las áreas de alta prioridad de agencias locales y estatales.

A pesar de que los datos de exposición al riesgo de los usuarios vulnerables (peatones y ciclistas por ejemplo) y de colisiones son requeridos por el analista de seguridad vial, los datos de exposición al riesgo de ciclistas y peatones no está siendo recopilados actualmente, estos conteos pueden ser posibles a través del uso de métodos basados en imágenes digitales. Estos elementos críticos (pero no existentes) se encuentran incluidos en la estructura propuesta del MMIRE. El equipo de investigación baso su escogencia de elementos propuestos en cinco herramientas y recursos específicos (FHWA, 2007, pág. 7):

- El Sistema de monitoreo de desempeño de carreteras (HPMS por sus siglas en inglés): Como fue indicado anteriormente, HPMS es muy probablemente la razón por la cual actualmente los sistemas de inventario existen en los departamentos de transporte estatales en los Estados Unidos. Aún dado el hecho de que el HPMS no fue desarrollado como una base de datos de seguridad vial, esté fue una fuente de elementos potenciales de alta prioridad, con elementos del "universo" y "muestras" de la set de datos del HPMS siendo consideradas en términos de uso posible en análisis de seguridad vial. Conversaciones fueron sostenidas con funcionarios del HPMS para asegurar que el MMIRE propuesto sea compatible



con los esfuerzos actuales del HPMS, y funcionarios del HPMS proveyeron insumos para los elementos antes de la revisión inicial por parte de los expertos externos.

- El Modelo interactivo de diseño de seguridad para carreteras (IHSDM por sus siglas en inglés): Este es un sistema basado en CAD compuesto de múltiples módulos que permiten al usuario el desempeño de seguridad esperado para un diseño de la vía y rediseñar alternativas. Actualmente, únicamente la versión de carretera rural de dos carriles ha sido desarrollada. Sin embargo, herramientas similares están siendo desarrolladas para tanto arterias urbanas y suburbanas como carreteras rurales de varios carriles. Estas herramientas serán incluidas en la primera edición del Manual de Seguridad Vial. Los elementos relacionados con estos tipos de carreteras han sido añadidos a la matriz del MMIRE basados en los documentos de usuario del IHSDM.
- El Analista de Seguridad Vial (Safety Analyst): La FHWA se encuentra actualmente desarrollando este paquete de herramientas de administración de la seguridad vial que asistirán al usuario en sus esfuerzos que incluyen la revisión de la red de carreteras para identificar sitios para mejoras, analizar los sitios y escoger los tratamientos más apropiados, y evaluar el efecto de los tratamientos. Las variables requeridas por el Safety Analyst como está indicado en la documentación del usuario están considerados como elementos del MMIRE muy críticos. Variables del Safety Analyst "opcionales" y "recomendadas" fueron también incluidas y consideradas.
- El Sistema de administración de la seguridad del tráfico (TSIMS por sus siglas en inglés) de AASHTO: El objetivo general del proyecto TSIMS es el desarrollar un proyecto de almacenamiento de datos de seguridad vial, el sistema (software) que asistirá las agencias locales y estatales en la recopilación, almacenamiento y vinculación de los muchos tipos de datos de seguridad vial. Un componente del paquete actual de TSIMS es un "diccionario de datos" que incluye las listas de variables de inventario de carretera "mínimas", "básicas" y "extendidas". Debido a que esto es muy similar a lo que MMIRE está tratando de hacer, muchos de estos elementos fueron revisados e incluidos en la matriz MMIRE.



- El modelo de criterios mínimos y uniformes para colisiones de tránsito (MMUCC por sus siglas en inglés): Mientras que el MMUCC es un sistema de elementos de colisiones de tránsito, este contiene una referencia a 18 variables de inventario de la vía que deben de existir en un archivo de inventario y consecuentemente vinculadas para los análisis. Basados en los insumos de los especialistas en MMUCC en el taller de revisión, estas variables fueron revisadas contra la lista de las variables del MMIRE, y se determinó que todas fueron incluidas.

Estas listas originales de elementos de inventario fueron revisadas en detalle por el equipo del proyecto, y elementos potenciales de elementos del MMIRE fueron identificados. En adición a los elementos de estas cuatro listas, el equipo también incluyó elementos adicionales que fueron considerados variables críticas del MMIRE. Estas adiciones fueron basadas principalmente en otras cuatro fuentes:

- a. Conocimiento del equipo de proyecto de las bases de datos de inventario que surgió a partir de su trabajo con los nueve estados y dos agencias locales que están o que han participado en el sistema de información de seguridad de carreteras (HSIS).
- b. Conocimiento del equipo de proyecto de los esfuerzos de investigación, y de los datos necesarios para conducir estas investigaciones (incluyendo datos que no están disponibles en la mayoría de archivos de datos locales o estatales).
- c. Conocimiento del equipo de proyecto de los esfuerzos relacionados con el desarrollo del Manual de seguridad vial de carreteras (HSM por sus siglas en inglés), y los datos de elementos necesitados en la investigación y herramientas que apoyan este esfuerzo.
- d. Conocimiento del equipo de trabajo en los datos necesitados en otros análisis de seguridad vial no tradicionales, principalmente aquellos relacionados con peatones, ciclistas y seguridad en rotondas.

Este esfuerzo para la identificación de elementos produjo una lista de más de 150 elementos potenciales para el MMIRE. Este listado fue convertido en una matriz para el uso en el taller de revisión y descritos en la siguiente sección. Para los datos de cada

elemento, el equipo de proyecto el equipo de proyecto proveyó una prioridad propuesta (primera, segunda y no recomendada). Esta prioridad fue basada en una combinación de factores incluyendo los requerimientos de las cuatro mayores fuentes de datos y las herramientas indicadas anteriormente (por ejemplo MMUCC fue añadida después) y el conocimiento del equipo de las necesidades de las herramientas y análisis actuales y futuros. En algunos casos, la dificultad de la recolección de datos fue considerada en esta priorización.

El informe incluye además, la lista de elementos propuesto por el MMIRE. Esta lista fue dividida en diferentes categorías y sub-categorías. Los descriptores están categorizados en tres grupos básicos:

- I. Descriptores de los segmentos (por ejemplo: estacionamiento del punto de inicio y final, número de carriles, TPDA),
- II. Descriptores del alineamiento de la vía (por ejemplo: grado de curvatura, porcentaje de pendiente), y
- III. Descriptores de intersección (por ejemplo: tipo de intersección, volumen de tráfico en los accesos, presencia de fase de giro izquierda protegida).

7.4. Modelo de Inventario para Elementos de la Vía

La necesidad de mejorar esta información y hacerla más robusta está incrementando debido al desarrollo de una nueva generación de herramientas y métodos para el análisis de datos de seguridad vial. El Modelo de inventario de elementos de la vía (MIRE por sus siglas en inglés) versión 1.0 es una lista acompañado de un diccionario de datos de la vía y de datos de tráfico lo cuales son elementos críticos para la administración de la seguridad vial. Este listado está basado en el listado MIRE mínimo inicial publicado en el 2007. Un sitio web ha sido desarrollado para el MIRE y provee información adicional, recursos y foros de discusión. El sitio web es disponible a <http://www.mireinfo.org/>.

Los datos en seguridad vial son claves para tomar decisiones correctas en el diseño y operación de las vías. Los datos críticos en seguridad vial no incluyen únicamente datos de colisiones de tránsito, sino que incluyen también datos de inventarios, de tráfico, datos

de la historia de los conductores, información relacionada con la citación e infracción, y otros archivos.

La necesidad de mejorar esta información y hacerla más robusta está incrementando debido al desarrollo de una nueva generación de herramientas y métodos para el análisis de datos de seguridad vial. El modelo interactivos de diseño de carreteras seguras (IHSDM por sus siglas en inglés) (1) y el Analista de seguridad vial (SafetyAnalyst) (2) de la administración federal de carreteras de los Estados Unidos, la publicación del Manual de seguridad vial para carreteras (HSM por sus siglas en inglés) (3), así como las Series 500 del programa nacional cooperativo de investigación en carretera (NCHRP por sus siglas en inglés) y la Guía de Análisis (4), todas requieren datos de colisiones, de la vía y de tráfico para alcanzar resultados más precisos. Datos más detallados de la vía son también requeridos por los departamentos estatales de transporte (DOT por sus siglas en inglés) y agencias locales al momento de implementar sus planes estratégicos de seguridad vial y hacen sus evaluaciones de seguridad vial de los varios tratamientos a la vía.

Las listas MIRE se han convertido en una lista comprensiva de elementos necesarios para seguridad vial en vez de una lista mínima. Consecuentemente, la palabra mínimo ha sido eliminada del título, y se ha convertido en el Modelo de Inventario para Elementos de la Vía (MIRE, por sus siglas en inglés). Este cambio fue hecho para reflejar comentarios por parte de los revisores preocupados por el número de elementos y el hecho que mínimo podría implicar que todos los elementos son obligatorios. El nuevo título refleja mejor la naturaleza de la lista del modelo que contiene elementos críticos y elementos que adicionan valor.

El esfuerzo del MIRE actual por revisar los elementos MIRE inicialmente propuestos, las definiciones y los atributos ha resultado en la versión 1.0 del MIRE. Para refinar los elementos del MIRE el equipo de trabajo realizó las siguientes actividades:

- Comparó los elementos propuestos del MIRE con numerosas bases de datos estatales para determinar cuáles elementos están siendo actualmente recopilados por los estados y como se comparan los atributos y las codificaciones.
- Comparó los elementos propuestos del MIRE con otras bases de datos, herramientas de análisis de seguridad vial, y documentos guías para identificar



elementos comunes y asegurar la mayor consistencia posible entre MIRE y los otros sets de datos. Estas bases de datos incluyen el Sistema de monitoreo del desempeño de autopistas (HPMS por sus siglas en inglés), Modelo Criterios Mínimos y Uniformes para Colisiones (MMUCC por sus siglas en inglés), IHSDM y el Manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito (MUTCD).

- Organizó conferencias a través de la red para obtener insumos adicionales por parte de eventuales usuarios.
- Coordinó con un comité de dirección ejecutiva diseñado para proveer insumo técnico y servir como una conexión con usuarios potenciales.
- Recopiló todos los insumos en atributos refinados y codificaciones para los elementos MIRE.

Es importante destacar que mientras MIRE es una lista extensiva de elementos, no incluye todos los elementos que un DOT estatal podría recolectar para propósitos operacionales y de diseño; los elementos del MIRE están direccionados hacia una administración de la seguridad vial. Adicionalmente, cuando se seleccionan los elementos del MIRE, se hizo un intento para retener solamente aquellos elementos que fueron necesitados por el Analista de seguridad vial (Safety Analyst) u otras herramientas de seguridad vial, en los análisis llevados a cabo por la mayoría de los departamentos de transporte. Por ejemplo al menos un departamento estatal captura "clases operacionales" en su inventario que difieren de las clases funcionales oficiales.

En resumen MIRE 1.0 provee elementos y atributos que son o serán necesitados cuando los departamentos de transporte realicen decisiones de administración de la seguridad vial.

7.4.1. Usando el MIRE

Existe un total de 202 elementos que forman parte de la versión 1.0 del MIRE. Los elementos del MIRE son divididos en tres amplias categorías: segmentos de la vía, alineamiento de la vía e intersecciones. la lista de categorías y subcategorías se encuentra mostrada en la Tabla 1.

Informe LM-PI-USVT-005-2016	Fecha de emisión: 21 de octubre de 2016	Página 30 de 102
-----------------------------	---	------------------

El listado de los elementos del MIRE presentado después en este reporte se encuentra dividido en tres secciones mayores basados en estas categorías. Al principio de cada sección se encuentra la lista de los elementos. Siguiendo esta lista de elementos se encuentra la información detallada de cada elemento en esa sección.

Para cada elemento que es incluido, existe una definición, una lista de atributos (codificación), un nivel de prioridad, una referencia indicando como el elemento se relaciona a elementos en el HPMS y las nuevas herramientas de seguridad vial, y cuando es necesario, una ilustración que provee información suplementaria del elemento.

No existe un código separado para "no aplicable" o "no conocido" para cada elemento. En estos casos, cada agencia debe desarrollar su propia manera de documentar esta información de una manera estandarizada a través de códigos adicionales o usando campos en blanco. Cada elemento también tiene un nivel de prioridad.

Tabla 1. Encabezados por categoría y subcategoría para los elementos del MIRE

- I. Descriptores del Segmento
 - a. Localización del segmento/ Variables de vínculo
 - b. Clasificación del Segmento
 - c. Sección Transversal del Segmento
 - 1.Descriptores de la Superficie
 - 2.Descriptores del Carril
 - 3.Descriptores del Espaldón
 - 4.Descriptores de la Mediana
 - d. Descriptores del Costado de la Vía
 - e. Otros Descriptores del Segmento
 - f. Datos de Flujo de Tráfico en el Segmento
 - g. Datos de Control en el Segmento/Operaciones de Tránsito en el Segmento
 - h. Otros Descriptores Suplementarios del Segmento
- II. Alineamiento del Segmento
 - a. Datos de Curvas Horizontales
 - b. Datos de Pendientes Verticales
- III. Intersecciones
 - a. Intersecciones a Nivel
 - 1.Descriptores Generales de la Intersección a Nivel
 - 2.Descriptores Generales de Cada Acceso
 - b. Descriptores de Intercambios y Rampas
 - 1.Descriptores Generales del Intercambio
 - 2.Descriptores Generales de las Rampas

El nivel de prioridad está dividido en dos categorías: "crítico" y de "valor agregado". Elementos priorizados como críticos son aquellos elementos que son necesarios para los estados para conducir administración de seguridad vial básica y/o están incluidos en herramientas de análisis de seguridad vial como SafetyAnalyst. Elementos priorizados como "valor agregado" son aquellos elementos que podrían ser beneficiosos pero que no son cruciales para usar las versiones actuales de herramientas de análisis de la seguridad vial.

Adicionalmente, existen algunos elementos que recopilan información similar. Estos elementos son categorizados adicionalmente como "preferidos" o "alternativos". Así como el nombre sugiere, el elemento preferido captura de una mejor manera los datos. Sin embargo, si el elemento no está disponible, los estados pueden recopilar el elemento alternativo en su lugar. La opción alternativa siempre sigue directamente su contraparte preferida en la lista del MIRE. Un ejemplo son los elementos de tráfico de promedio diario de camiones. Recopilar simultáneamente los camiones sencillos (82), y los camiones articulados (83) es considerado como elementos críticos preferidos mientras que recopilar únicamente el porcentaje de vehículos pesados (84) es considerado como el elemento crítico alternativo.

El descriptor final de cada elemento es una anotación de su relación con el HPMS, HSM/IHSDM y SafetyAnalyst. Como fue indicado anteriormente, MIRE está diseñado para incluir elementos de seguridad vial que son encontrados en el HPMS y/o son requeridos por una de las dos nuevas herramientas de seguridad vial (obsérvese que los elementos requeridos en el HSM y el IHSDM son los mismos; consecuentemente, se incluyeron ambos en la misma categoría). Adicionalmente, el formato de los atributos de los elementos en el MIRE (por ejemplo, la codificación) sigue el formato del HPMS y del MUTIC en una extensión significativa. La relación de un elemento del MIRE con las siguientes herramientas de seguridad vial es presentados en el siguiente formado para cada variable:

- HPMS/Requerimientos de la Herramienta: HPMS (en toda su extensión), SafetyAnalyst (Requerido Condicionalmente), HSM/IHSDM (requerido).

Como se indicó anteriormente, los elementos del MIRE están divididos entre tres amplias categorías: segmentos de la vía, alineamiento de la vía, e intersecciones. Un segmento de la vía es una sección de la vía homogénea donde algún set de elementos cruciales se mantienen constantes. Cada estado decidirá cómo definir las secciones homogéneas. Cuando el valor de uno de estos elementos cambia (por ejemplo, el espaldón se hace más ancho, el número de carriles se incrementa), un nuevo segmento empieza. Cada segmento debe ser definido por un inicio y un final (dirección a lo largo de la ruta). La dirección puede ser un estacionamiento o un set de coordenadas. En un sistema de nodo/segmento, los puntos inicial y final podrían estar definidos por números de nodo asignados. En sistemas urbanos, los puntos inicial y final podrían estar definidos por los códigos de la intersección o por los números de calle.

Habrán casos donde algún elemento para el cual los datos son recopilados pero no designados como cruciales por el usuario (estos podrían cambiar dentro de un segmento homogéneo sin empezar un nuevo segmento). Para estos elementos que son categóricos en naturaleza (por ejemplo, tipo de carril exclusivo), es recomendado que el valor predominante (por ejemplo, la mayor longitud dentro del segmento) sea usado. Para elementos numéricos, se puede usar el valor predominante o un valor ponderado. Por ejemplo, el valor ponderado de una sección de 0,3 kilómetros con un valor de 10 por 0,2 kilómetros y un valor de 20 por 0,1 kilómetros será asignado con un valor de $(0,2 \times 10 + 1,1 \times 20) / 0,3 = 13,3$.

Mientras la diferencia entre las tres categorías podría parecer muy directa, existen algunos factores que podrían complicar esa clasificación. Por ejemplo, segmentos están usualmente definidos para ir de intersección a intersección en una ruta, con los puntos finales siendo el punto de cruce de las líneas de centro de las vías que se cruzan. Consecuentemente, carriles de giro izquierdo en intersecciones deberían ser incluidos en las longitudes de los segmentos ingresando y saliendo de la intersección. Sin embargo, para el propósito de análisis y programas de seguridad vial, los carriles de giro son los más frecuentemente asociados con intersecciones y la mayoría de los archivos locales y estatales podrían empezar y terminar segmentos al punto central de la intersección y podrían no incluir descriptores de carriles de giros en los segmentos. Dados estos hechos,

los elementos del MIRE han sido categorizados de manera tal que los elementos usualmente asociados con intersecciones y otros tipos de intercambios (por ejemplo, cruces peatonales) están incluidos en la categoría de intersecciones, y elementos usualmente asociados con secciones de la vía entre intersecciones están usualmente asociados con la categoría de segmentos. Existen algunos elementos que parecen ser excepciones. Por ejemplo, debido a que puedan existir carriles de giro izquierdo o bahías de giro en medianas de carreteras divididas las cuales no están asociadas con intersecciones, estos elementos están incluidos bajo los descriptores de medianas. Sin embargo, aún en carreteras divididas, carriles de giro izquierdo asociados con una intersección deben ser codificados en los elementos de la intersección.

La segunda situación es como una intersección es definida en MIRE. Como será visto bajo tipo de intersección, MIRE no incluye únicamente intersecciones de dos o más vías, pero también lugares donde una vía interseca un cruce peatonal, una vía para bicicletas o una vía de ferrocarril. Lo que no está incluido en este elemento son los lugares donde la vía interseca accesos. De hecho, el conteo de accesos por tipo está incluido como un descriptor del segmento.

8. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El desplazamiento por carretera es el medio por excelencia para el transporte de pasajeros y mercancías; facilitar su movimiento implica también mayor acceso a la educación, al empleo, a la atención de la salud y a los mercados económicos. Al intentar maximizar la eficiencia de los medios de transporte sin brindarle la atención suficiente a la seguridad vial; ha provocado considerables pérdidas en vidas, elevados costes económicos y sociales.

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Integración Centroamericana (SIECA, 2011), una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad que necesitan los usuarios de la carretera (motoristas, peatones o ciclistas) y la seguridad, balanceando esto con las restricciones físicas y naturales del entorno en el cual el proyecto se realiza.

Además, este manual asegura que el comportamiento de los conductores mejora cuando usan una carretera diseñada que sea compatible con sus capacidades y limitaciones. Cuando un diseño es incompatible con los atributos de los conductores, las posibilidades de error de conducción aumentan, y a menudo resulta en accidentes y operación ineficiente (SIECA; 2011). Es decir, la carretera como conjunto debe poseer un diseño consistente pues de no ser así, al usuario de la vía se le pueden generar confusiones pues la expectativa o interpretación de la situación puede diferir de la realidad, lo que disminuye la probabilidad de que se responda de manera exitosa ante una situación de peligro.

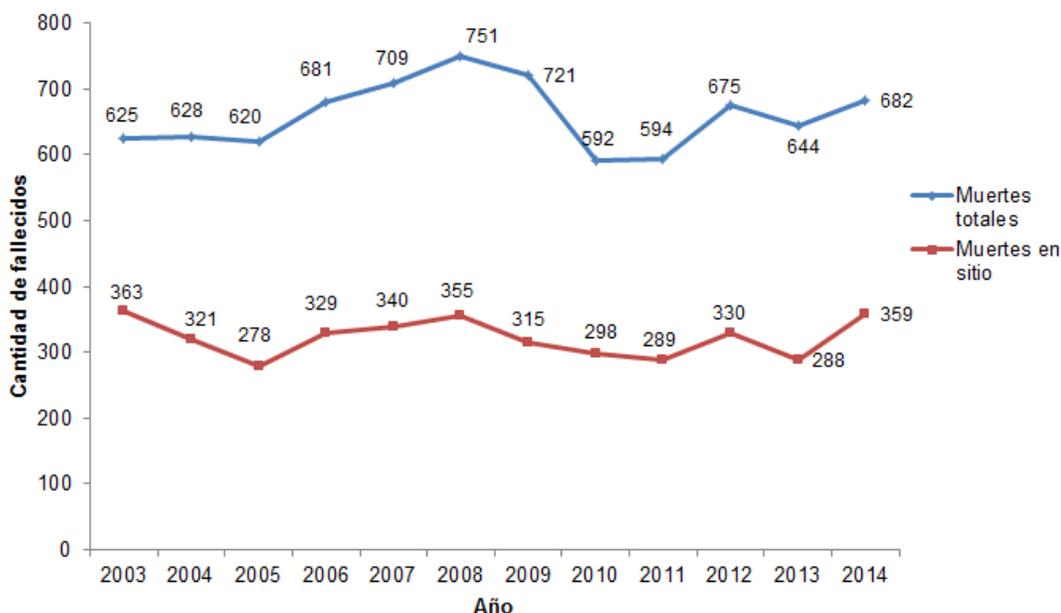
Uno de los problemas en la red vial nacional es la inconsistencia de la señalización vial, especialmente en los límites de velocidad que no son coherentes en muchos casos con el diseño geométrico de la carretera y su entorno. (Chaverri & Zamora, 2010); aumentando con esto la incidencia de los accidentes de tránsito los cuales en la mayoría de los casos resultan ser mortales.

Los traumatismos causados por el tránsito constituyen una pesada carga para la economía de un país, así lo señala la Organización Mundial de la Salud:

“El coste para los países, algunos de los cuales posiblemente ya afrontan problemas de desarrollo económico, puede representar entre el 1% y el 2% del producto nacional bruto. A medida que aumente el número de vehículos motorizados, la prevención de los accidentes de tránsito y los traumatismos que causan se convertirá en un reto social y económico [...] cuyas repercusiones serán mayores para los ciudadanos más vulnerables”. (OMS, 2010)

Para el caso específico de Costa Rica, que este tipo de muerte represente la primera causa de muerte violenta, considerando que ninguno de los otros cuatro tipos de muertes violentas (homicidio doloso, culposo, suicida y accidental) registran o han registrado históricamente una cifra igual o superior a las contabilizadas en las carreteras del territorio nacional. (Poder Judicial, 2011).

La siguiente imagen muestra las muertes en sitio por accidentes de tránsito registradas en un periodo de doce años; donde se observa que para el 2014 se registraron 682 muertes.

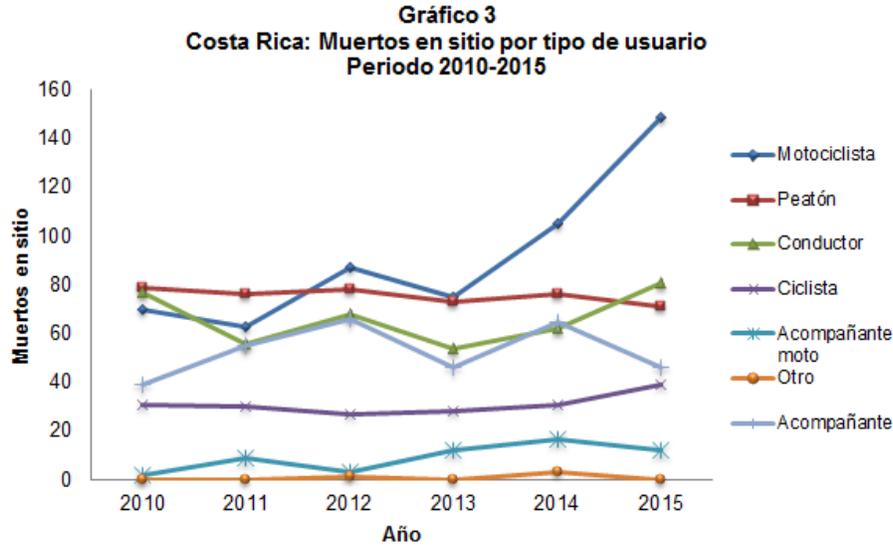


Fuente: Cosevi. Área de investigación y estadística. Muertes en sitio suministrados por Dirección General de la Policía de Tránsito. Número de muertes totales del Poder Judicial.

Figura 2. Muertos en sitio por accidentes de tránsito. Periodo 2009-2013

Fuente: COSEVI. Área de Investigación y estadística.

Como se mencionó con anterioridad, una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad y las necesidades de todos los usuarios de la vía y en particular de aquellos más vulnerables. En la siguiente figura, se muestra los fallecidos en carretera por tipo de usuario.



Fuente: Cosevi, Área de investigación y estadística, elaboración propia con base en registros de la DGPT.

Figura 3. Muertos en sitio por tipo de usuario.

Fuente: COSEVI. Área de Investigación y estadística.

Desde el abordaje de usuarios vulnerables, se observa una reincidencia de ocurrencia en la mortalidad de los peatones, así como en los conductores de motocicletas, manteniéndose constantemente estos últimos con un alto crecimiento en los últimos años.

Para determinar la magnitud real del problema de los traumatismos causados por los accidentes de tránsito, es necesario contar con un sistema de datos de accidentes de tránsito fiable y estable; puesto que las estadísticas sobre accidentes no ofrecen una panorámica completa de la situación vial.

Con la ejecución del presente informe, se pretende brindar una herramienta que permita, basados en datos de accidentes, proveer información básica para identificar los problemas, establecer metas y medidas de desempeño, asignar recursos y apoyar el desarrollo y la evaluación de las contramedidas de seguridad. Sin embargo, el uso de datos de accidentes a menudo se encuentra obstaculizado por la falta de uniformidad entre y dentro los países (NHTSA, 2012).

Los datos en seguridad vial son clave para la toma de decisiones correctas en el diseño y operación de las vías. Los datos críticos en seguridad vial no incluyen únicamente datos

de colisiones de tránsito, sino que incluyen también datos de inventarios, de tráfico, datos de la historia de los conductores, información relacionada con la citación e infracción, y otros archivos (FHWA, 2010, pág. 1).

Los inventarios de la vía en conjunto con los datos de tráfico son elementos críticos para la administración de la seguridad vial, estos datos son referenciados y usados para tomar decisiones relacionadas con la implementación de la seguridad vial y con el desarrollo de conocimientos acerca del efecto de estos tratamientos, en diseños de vías y operaciones de tráfico.

Los datos de colisiones pueden ser usados solos para responder algunas respuestas, pero que estos no son suficientes en muchos casos (FHWA, 2010). Sin datos de tráfico e inventarios adecuados, la habilidad de los profesionales en seguridad vial para la toma de decisiones relacionadas con la seguridad vial se ve altamente reducida.

En síntesis, el presente informe tiene por objetivo fundamental el valorar la factibilidad de generar una herramienta para la realización de inventarios de carreteras y caminos a partir de la evaluación de campo de las características físicas y geométricas más representativas. Asimismo, es de esperar que al complementarlos con los datos de accidentes de tránsito la toma de decisiones importantes se fundamentarían en la seguridad vial, donde la prevención de traumatismos graves y mortales se realizaría más eficientemente permitiendo la identificación y corrección de las principales fuentes de error y efectos del diseño.

9. ESQUEMA CONCEPTUAL

Para efectos del presente estudio, se plantea el uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D). Este es un equipo de alta tecnología, que cuenta con seis cámaras de alta resolución, y con un sistema de GPS de alta precisión. Para mayor detalle ver el anexo B.

El equipo permite hacer un reconocimiento de un proyecto de manera más rápida y eficiente, pues graba en seis direcciones diferentes recorriendo la carretera en tiempo

real. Para efectos de la presente propuesta para inventario, se hará uso de las tres cámaras; posicionadas en la parte frontal central, frontal izquierdo y frontal derecho.

Además, mediante la implementación de Geo-3D se pretende evaluar otras condiciones del pavimento, taludes, espaldones, señalización horizontal y vertical. A continuación se muestran los contenidos a evaluar (para más detalle ver Anexo A):

Contenidos a evaluar

1. Localización del Segmento
2. Sección transversal del segmento
3. Costado de la vía
4. Otros elementos descriptivos
5. Operaciones de tráfico
6. Puentes
7. Curvas horizontales
8. Pendientes verticales
9. Intersecciones
10. Acceso de la intersección
11. Acceso de la rotonda
12. Intercambios y rampas
13. Rampas

10. PROPUESTA BASE

Para desarrollar la propuesta de inventario se van a seguir el siguiente orden de investigación:

- Recopilación bibliográfica de la información existente
- Selección de las rutas de acuerdo con una serie de criterios, las cuales serán representativas de la totalidad de la ruta.
- Recopilación de datos en campo y su análisis, mediante el uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D).
- Construcción del inventario de acuerdo con los parámetros de la información obtenida.

11. Metodología

11.1. Alcance

Para efectos de la presente propuesta de inventario, se evaluarán los siguientes criterios:

- Ruta Nacional Primaria: las secciones en estudio se ubicarán preferiblemente en rutas nacionales primarias con el fin de cubrir la red vial nacional estratégica.
- Zonas de control: Se pretende trabajar con trayectos que pertenezcan en su totalidad a la misma zona de control, esto con el objetivo de garantizar condiciones geográficas similares. Asimismo, se pretende facilitar el trabajo a la hora de obtener la información perteneciente a cada segmento.
- Cobertura de la ruta: se analizarán secciones de cinco kilómetros, divididos en segmentos de 500 metros. Esto con el objetivo de otorgarle al procedimiento una mayor eficiencia a la hora de recopilar la información.
- Zona rural, urbana o interurbana: se pretende trabajar con secciones con diferentes características en cuanto a la disposición del espacio, densidad de población, así como su desarrollo económico.
- Centros de población: los centros de población importante que podrían generar cambios en los patrones de viajes en una ruta, servirán para definir nuevos puntos de estudio en dicha ruta.
- Se evitara tramos donde se encuentre obras mayores de construcción de carreteras o zonas afectadas por estas obras.
- Información complementaria: los informes y reportes hechos por otras instituciones serán utilizados como base y complemento para esta propuesta de inventario.
- Experiencia ingenieril: Los sitios se escogen utilizando un criterio de profesionales en el área de ingeniería de transportes.

Se busca que los trayectos seleccionados sean realmente representativos de acuerdo con la realidad de la ruta. Los datos de TPD son obtenidos del Anuario de información del tránsito (MOPT, 2013).

11.1.1. Rutas seleccionadas

Para la etapa inicial se seleccionaron segmentos de las rutas nacionales 21, 2, 32 y 27. A continuación se muestran las rutas seleccionadas, así como sus respectivos puntos de estudio:

1. Ruta Nacional 21

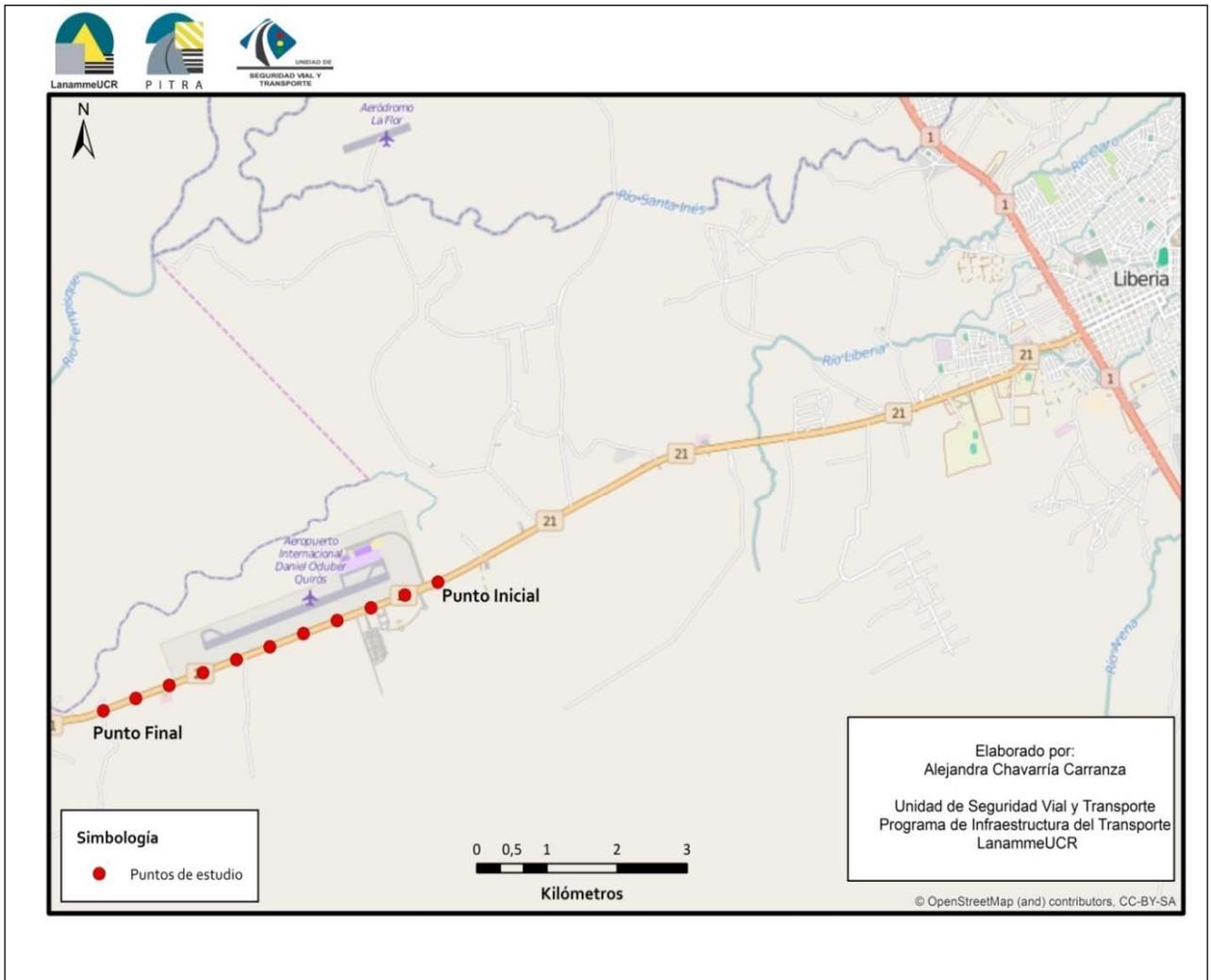


Figura 4. Trayecto seleccionado entre Santa Cruz y Liberia. Ruta 21.

Fuente: LanammeUCR, 2016.

El trayecto seleccionado se encuentra ubicado entre Santa Cruz y Liberia; con una distancia de cinco kilómetros divididos en secciones de 500 metros aproximadamente.

Dichos tramos se encuentran ubicados en la sección de control 50082, según los datos proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

Además, la zona en estudio se encuentra en Llano Grande de Liberia y es considerado como una zona rural. Este segmento se puede clasificar de acuerdo a su funcionalidad como una arteria rural.

2. Ruta Nacional 2

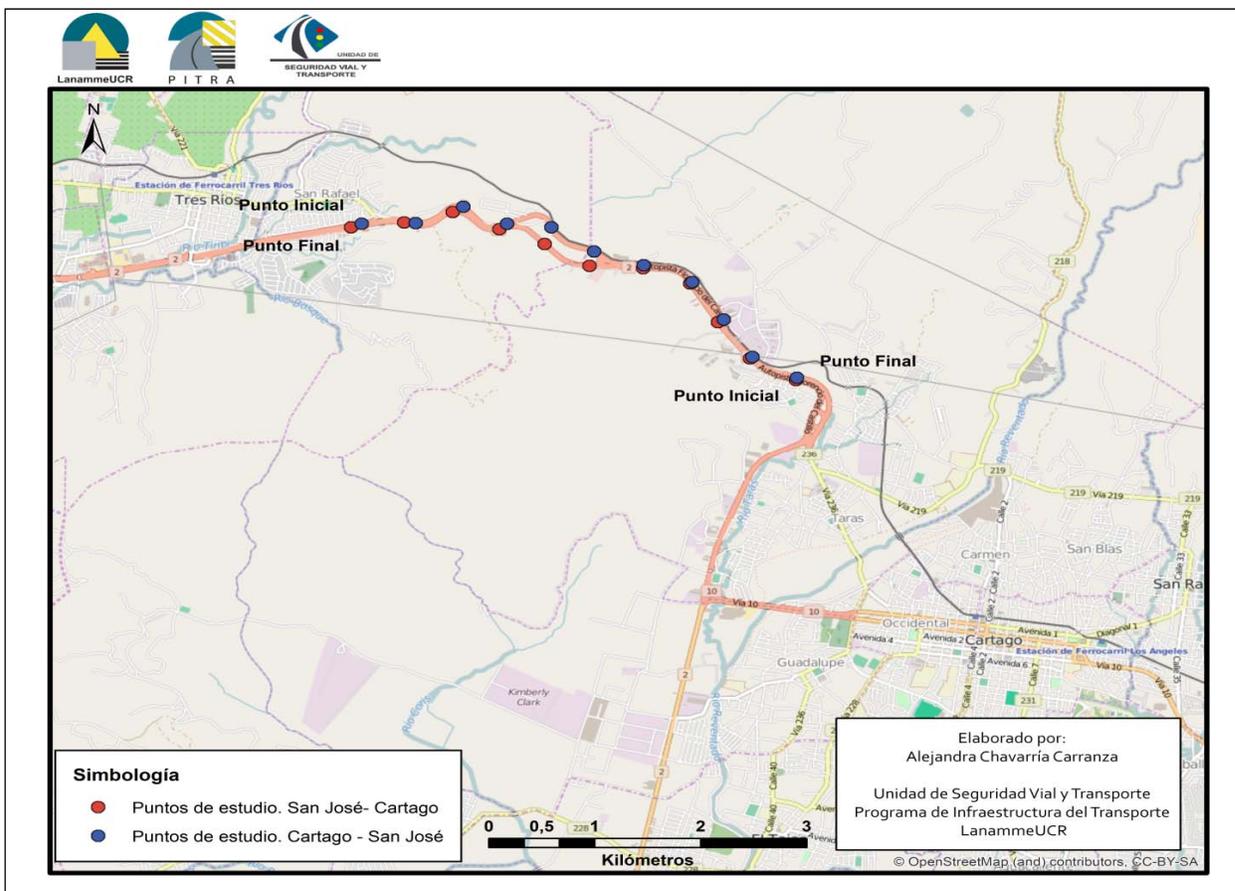


Figura 5. Trayecto seleccionado entre San José y Cartago sobre ruta 2.

Fuente: LanammeUCR, 2016.

El segundo trayecto en estudio se encuentra ubicado entre San José y Cartago, al igual que el caso anterior, comprende una distancia de cinco kilómetros divididos en secciones de 500 metros aproximadamente; ubicados en las secciones de control 30110 y 30730 según los límites establecidos por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

Continuando con las secciones en estudio para el sector Zurquí, al igual que el caso anterior, se trabajará con una distancia de cinco kilómetros divididos en secciones de 500 metros aproximadamente. Comprende parte de la sección de control 10950 según los datos proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), de la cual es relevante mencionar que de acuerdo con el TPD proporcionado se clasifica como una autopista.

Por otra parte, de esta sección es importante mencionar que al encontrarse en el distrito de San Rafael con una población de 14 247 (INEC, 2012) y entre San Nicolás con una población de 25927 (INEC, 2012) es considerado como una pequeña zona urbana.

- Sector Guácimo- Mercedes

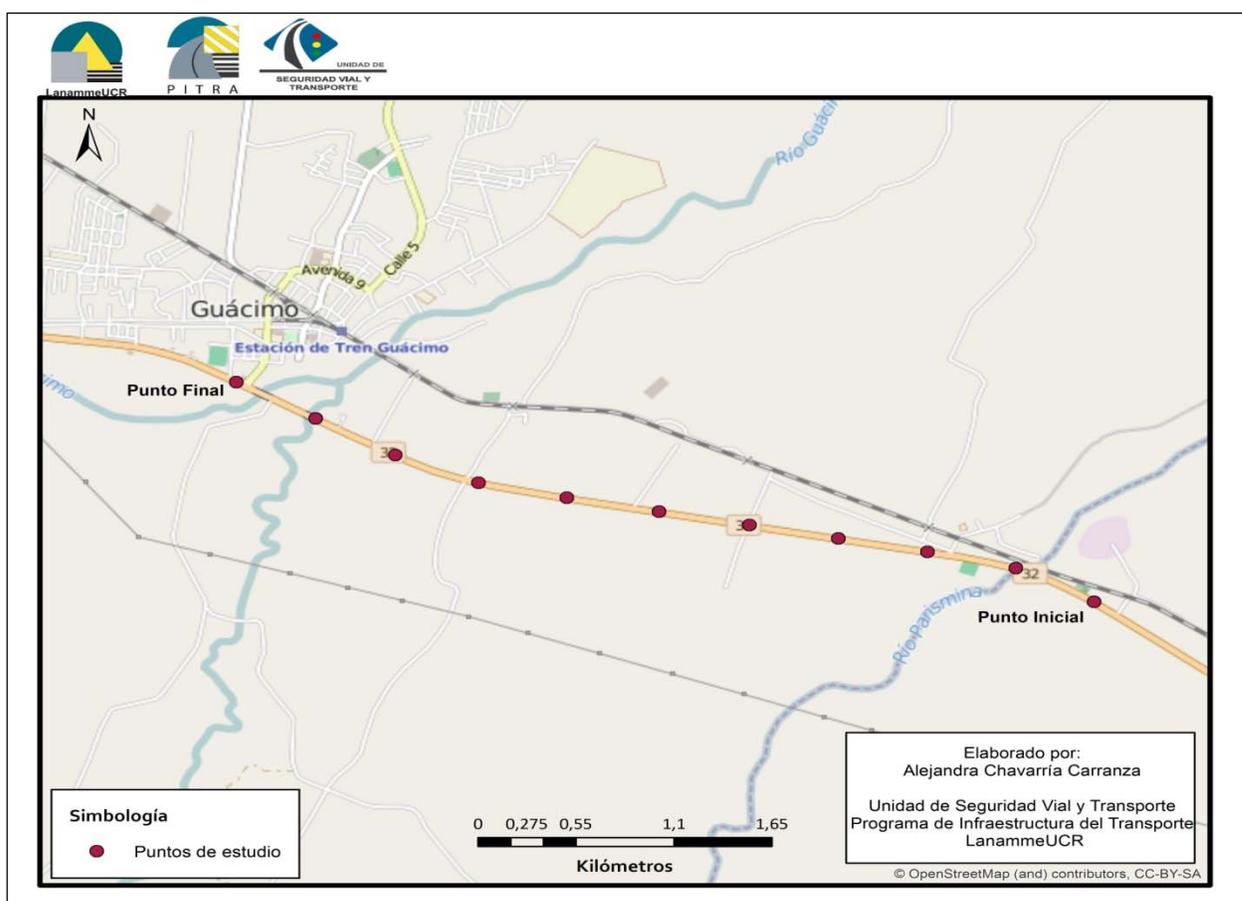


Figura 7. Trayecto seleccionado entre Siquirres y Limón. Ruta 32
Fuente: LanammeUCR, 2016.

Para el sector Guácimo-Mercedes, al igual que el caso anterior, con una distancia de cinco kilómetros divididos en secciones de 500 metros aproximadamente. Comprende parte de la sección de control 70141 según los datos proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

- Sector Tibás.

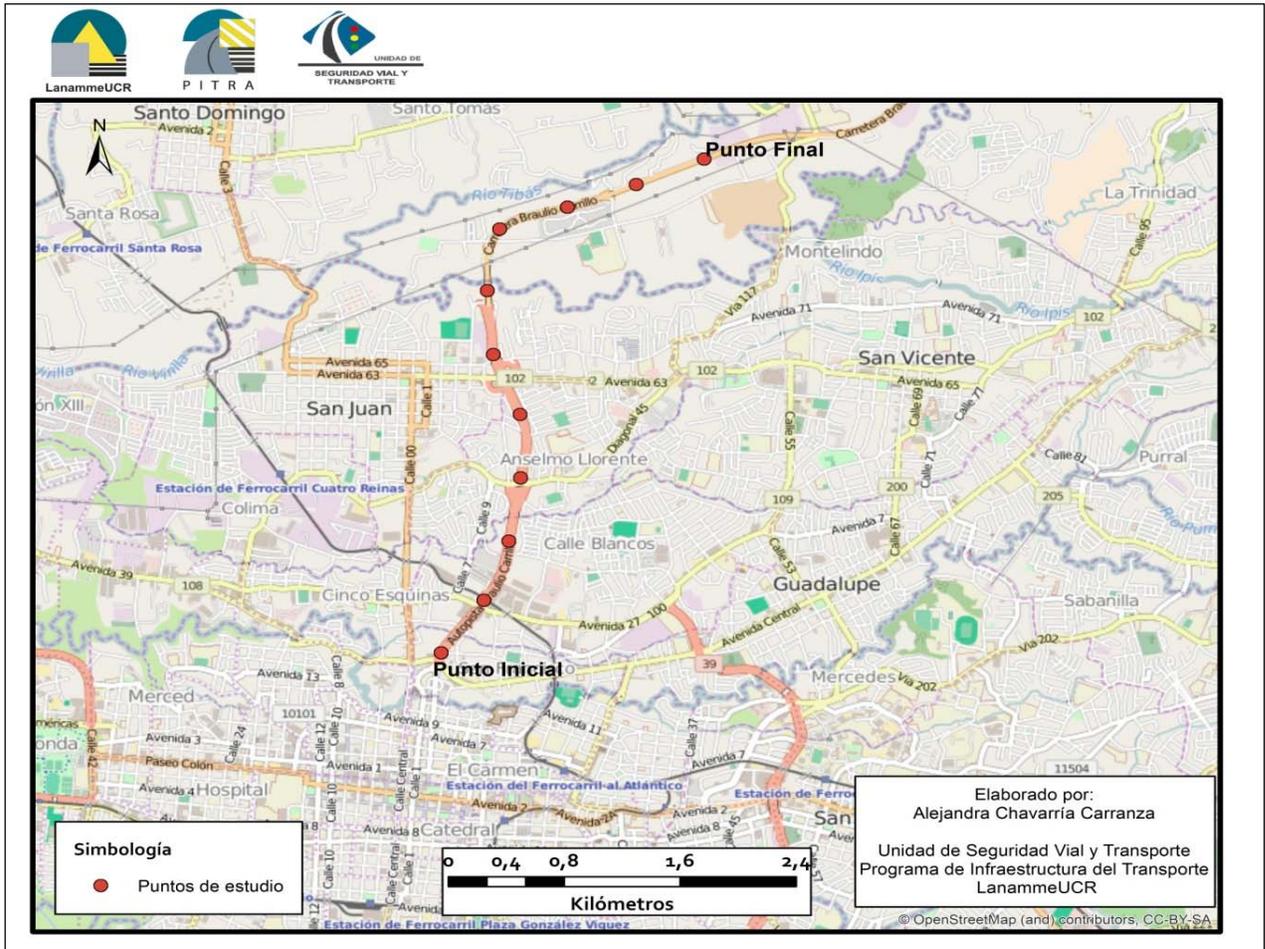


Figura 8. Trayecto seleccionado sector Tibás sobre ruta 32.

Fuente: LanammeUCR, 2016.

De la misma manera, para el sector Tibás, al igual que el caso anterior, con una distancia de cinco kilómetros divididos en diez secciones de 500 metros aproximadamente. Comprende parte de las secciones de control 19012 y 40500 según los datos proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Asimismo, de

acuerdo con el TPD de dichas secciones de control, el recorrido se clasifica funcionalmente como una arteria.

Es importante mencionar que la población según el INEC (2012) para el cantón de Tibás es de 64 834 por lo que clasifica como una zona urbana.

4. Ruta Nacional 27

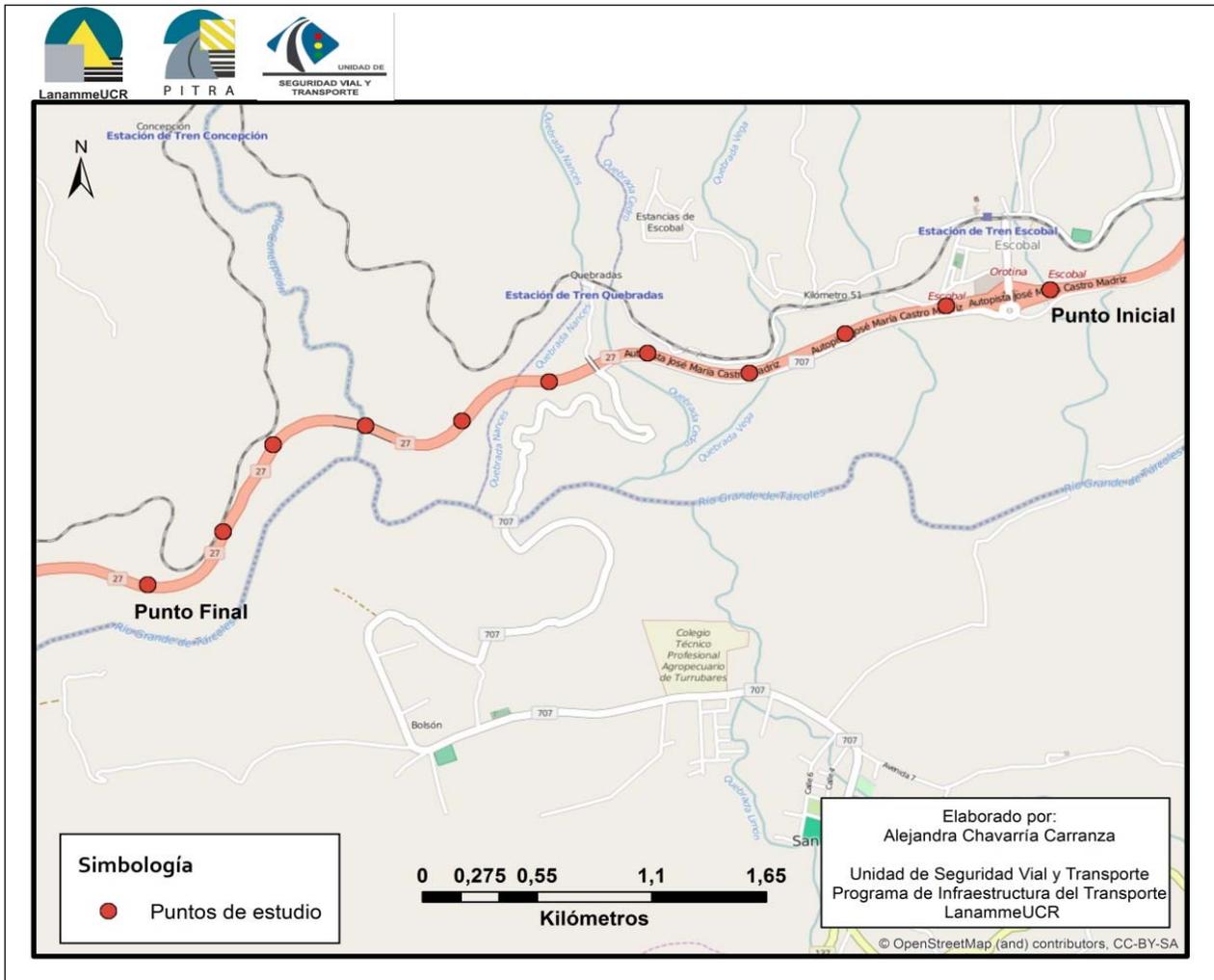


Figura 9. Trayecto seleccionado entre Orotina y Atenas. Ruta 27
Fuente: LanammeUCR, 2016.

Finalmente, para la Ruta Nacional 27 el trayecto de estudio se encuentra ubicado entre Orotina y Atenas, al igual que en todos los casos anteriores se cuenta con una distancia

de cinco kilómetros divididos en secciones de 500 metros aproximadamente, ubicados en la sección de control 21890 y de acuerdo a su TPD y su clasificación funcional se puede decir que es una arteria rural, según los datos proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

De esta sección, también es importante mencionar que al encontrarse entre Atenas y Orotina es considerada como una pequeña zona urbana.

12. RECURSOS Y CALENDARIZACIÓN

A continuación, se muestra cada actividad realizada y un aproximado del tiempo utilizado en cada una de ellas.

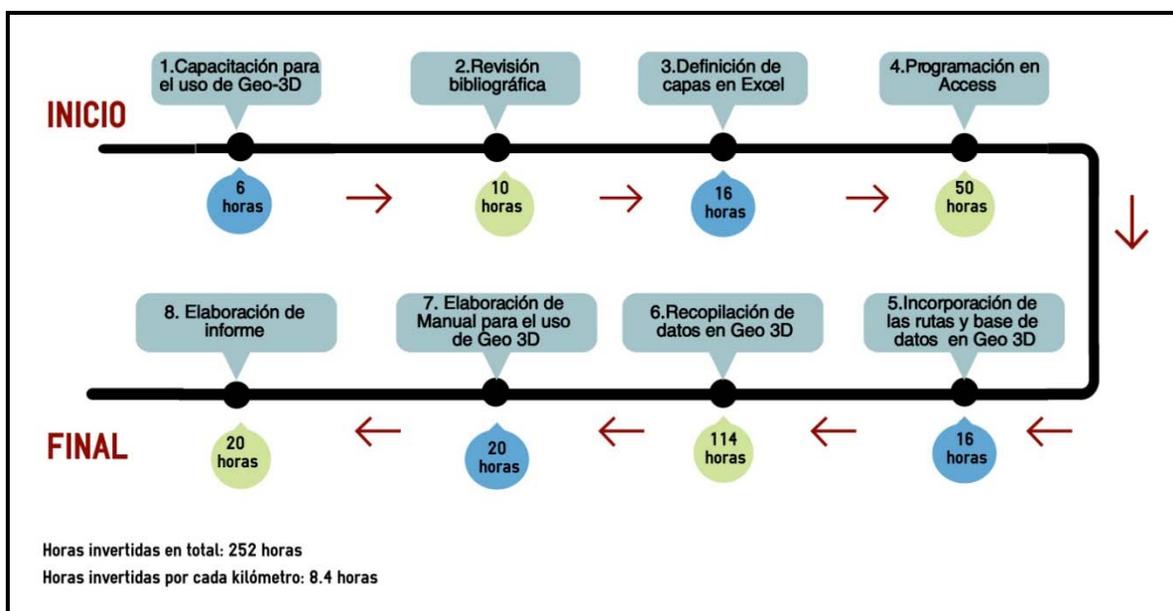


Figura 10. Diagrama de actividades y tiempo utilizado en cada una de ellas
Fuente: LanammeUCR, 2016.

Asimismo, se realiza una pequeña descripción del alcance de cada una de las actividades mencionados en la figura anterior; con el objetivo de justificar el tiempo utilizado para la ejecución de cada una de ellas.

1) *Capacitación para el uso de Geo 3D*: se trabajó en tres secciones de dos horas aproximadamente cada una.

Se trataron generalidades del software tales como: creación de documentos, visualización y recorrido de las rutas, obtención de datos, definición y creación de



capas, así como definición de atributos para cada una de ellas, entre otros aspectos.

- 2) *Revisión bibliográfica:* Paralelamente al punto anterior se procede a realizar una revisión bibliográfica con el objetivo de establecer el alcance y la metodología a seguir para el desarrollo del proyecto. Aproximadamente se dedicaron 50 horas.
- 3) *Definición de capas en Excel:* Se trabajaron 14 capas en Excel, cada una de ellas evaluando una característica en específico, para más detalle ver anexo A. *Además, se les otorga características como punto, línea o polígono de acuerdo con su función.* Aproximadamente se tardó 16 horas en este apartado.
- 4) *Programación en Access:* Se procede a transcribir cada una de las capas descritas con anterioridad en Access de acuerdo con su formato: punto, línea o polígono. Para ver más detalle del formato ver el Anexo C.
Para simplificar la recopilación de datos se optó por la utilización de menús cuando un ítem posee varias opciones de selección.
- 5) *Incorporación de las rutas y base de datos en Geo 3D:* Se incorporan las rutas seleccionadas en el programa y se verifica que cada capa programada en Access funcione adecuadamente.

Además, se seleccionan y ubican las secciones de control, que como se ha mencionado anteriormente cuentan con una distancia de aproximadamente 5km divididos en tramos de 500 m cada uno. Es importante señalar que estas distancias son aproximadas y su función se basa como puntos de referencias los cuales dependiendo de las característica su ubicación podría variar.

Recopilación de información usando Geo3D: A continuación se muestra el tiempo invertido en horas para cada una de las capas en estudio:

Cuadro 1. Horas invertidas en la recopilación de datos usando Geo 3D.

Contenido a evaluar	Horas invertidas
Capa 1. Formulario Segmento	8
Capa 2. Sección transversal segmento	30
Capa 3. Costado de la vía	8
Capa 4. Otros elementos descriptivos	8
Capa 6. Operaciones de tráfico	8
Capa 7. Puentes	2
Capa 8. Curvas horizontales	12
Capa 9. Pendientes verticales	8
Capa 10. Intersecciones	8
Capa 11. Acceso a la intersección	8
Capa 12. Acceso a la rotonda	No aplica
Capa 13. Intercambios y rampas	8
Capa 14. Rampas en intercambios	6
TOTAL	114

6) Elaboración del manual: Se realiza un manual como guía donde se especifican el uso del mismo.

Asimismo, se incorpora el uso de software alternativos como ArcGis y BricsCAD para facilitar la recopilación de la información.

7) Elaboración del informe

13. LIMITACIONES

Como se mencionó con anterioridad, para desarrollar la presente propuesta de inventario se hará uso del equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D). A pesar de que este equipo se caracteriza por un reconocimiento del proyecto de una manera rápida y eficiente; se pueden mencionar una serie de limitaciones tales como:

- En algunas ocasiones, las rutas no se encuentran completas; puesto que en un determinado momento una o varias cámaras dejaron de funcionar y por tanto, no se contaban con las fotografías correspondientes al trayecto. Dicha situación influyó directamente con la elección final de la zona de estudio.
- Por la configuración del programa no permite dividir la ruta en tramos uniformes sobre los que se van a definir los atributos; por lo que es necesario utilizar un

software externo (para el actual proyecto se escogió ArcGIS) que seccione la ruta en partes más pequeñas y por tanto más fáciles de analizar.

- Al ser un software muy especializado no se encuentra disponibles manuales de usuario o información complementaria, por tanto, es necesario tener acceso a personal capacitado en el uso del programa.
- Las mediciones verticales tienen un factor de error no despreciable debido a la ubicación de las cámaras, las cuales al estar sobre el techo del vehículo forman un ángulo con la horizontal que altera la percepción y por tanto la información debe ser procesada mediante el uso de otro software que para efectos de este proyecto será ArcGIS.
- La Unidad de Gestión y Evaluación de Red Vial Nacional cuenta únicamente con tres licencias del software Trimble Trident-3D, por lo que si las tres licencias del programa está siendo utilizado por dicha unidad no se podrá iniciar el software y se mostrará el mensaje de error de la siguiente figura.

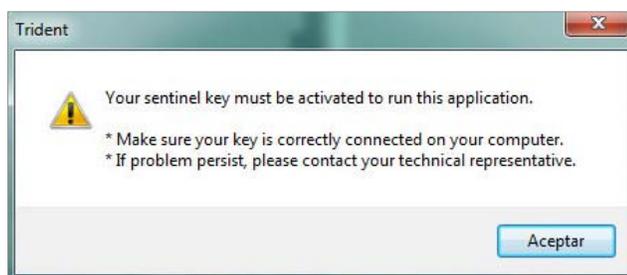


Figura 8. Error de software

14. Recomendaciones

- Para iniciar es importante definir detalladamente el alcance del proyecto, es decir, la etapa de planeación es fundamental para encontrar posibles problemas o falta de información a tiempo para su respectiva solución.
- Es importante utilizar un código estandarizado para la recopilación de información, y de esta manera trabajar bajo el mismo criterio indiferentemente del recopilador.
- El conocimiento en Microsoft Access es importante para agilizar el proceso de construcción de capas.
- Una capacitación introductoria para la introducción de aspectos básicos en el uso de ArcGis es recomendable.

15. REFERENCIAS

AASHTO. (2005). *A Comprehensive Plan to Substantially Reduce Vehicle-Related Fatalities and Injuries on the Nation's Highways*. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Chaverri, J., & Zamora, J. (Octubre de 2010). *Desafíos de la seguridad Vial en Costa Rica*. Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de http://revistaiv.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/boletin_semanal_pitra_07_seguridad_vial.pdf

Consejo de Seguridad Vial. (s.f.). *Proyecto educativo hacia la construcción de una cultura vial*. Recuperado el 09 de Agosto de 2016, de Consejo de Seguridad Vial: <https://www.csv.go.cr/documents/10179/10859/PROYECTO+EDUCATIVO+BRIGADA+VIAL.pdf/9ddd2683-aab8-43d1-83e6-4874eae6ab58>

COSEVI. (2014). *Informe de avance al 31 de diciembre del 2013, sobre acciones estratégicas contenidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014*. Costa Rica.

Dávila-Sácida, S. (19 de febrero de 2013). Inventarios físicos que realiza el MOPT. (H. Hernández-Vega, Entrevistador)

Departamento de Medios de Transporte . (2011). *Inventario General de carreteras y caminos*. San José: Planificación sectorial, MOPT.

FHWA. (2010). *Model Inventory of Roadway Elements*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation.

FHWA. (2007). *Model Minimum Inventory of Roadway Elements—MMIRE*. Washington, DC: Federal Highway Administration. US Department of Transportation.

Hauer, E. (1997). *observational before-after studies in road safety--estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety*. Bradford Reino Unido: Emerald Group Publishing Limited.

INEC. (2012). *X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011. Resultados Generales*. San José : Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

LanammeUCR. (2014). *Equipo de auscultación visual de carreteras (Geo3D)*. Recuperado el 17 de Mayo de 2016, de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/gestion%20red%20vial/informes-UGRVN/FICHAS/T3D.pdf>

MMUCC. (2012). Recuperado el 24 de junio de 2015, de http://mmucc.us/sites/default/files/MMUCC_4th_Ed.pdf

MOPT. (2013). *Anuario de información de tránsito*. Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de <http://srvinternet.mopt.go.cr/centrodeinformacion/Digitalizados/AnuarioTr%C3%A1nsito2013.pdf>

MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes*. San José, Costa Rica: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

NCHRP. (2008). *NCHRP Report 500 Guidance for Implementation of the Volume 21 Safety Data and Analysis in Developing Emphasis Area Plans*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

NHTSA. (2012). *Model Minimum Uniform Crash Criteria*. National Highway Safety Administration, U.S. Department of Transportation.

OMS. (2010). *Sistema de datos. Manual de seguridad vial para decisores y profesionales*. Switzerland: Diseño grafico de Inís Communication.

Poder Judicial. (2011). *Personas fallecidas por accidentes de tránsito en Costa Rica*. San José, Costa Rica.

SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del tránsito*. Guatemala.

SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*. Guatemala.



ANEXOS

Anexo A

A continuación, se muestran con mayor detalle los contenidos a evaluar para la realización del presente inventario de seguridad vial.

1. Localización del segmento/elementos de unión

CONTENIDO	OPCIONES
Cantón	Cantón al que pertenece el segmento en estudio.
Distrito	Distrito al que pertenece el segmento de estudio
Tipo de Ruta	1-Nacional
	2-Cantonal
	99-Otro
Responsable Gobierno	1-MOPT/CONAVI
	2-Municipalidad
	99-Otro
Nombre de la Ciudad	Nombre de la ciudad al que pertenece el segmento
Número de Ruta	Número de ruta
Nombre de la ruta o calle	Número de ruta o calle en caso de que sea diferente al número de ruta
Número Sección Control MOPT	Número de la sección de control asignado.
Tipo Ruta	1-Nacional_Primaria (0-100)
	2-Nacional Secundaria (0-300)
	3-Nacional Terciaria (mayor que 299)
	4-Travesía
	5-Municipal
	6-Especial
	99-Otro
Ruta Especial	1-Sin_identificar
	2-Ruta alterna
	3-Bypass
	4-Propuesta
	5-Exclusiva transporte público
	6-Ninguna de las anteriores
Pertenece a dos rutas	0-Tramo pertenece a una única ruta
	1-Tramo pertenece forma parte de una segunda ruta también
	99-Otro



Dirección Inventario	1-Carretera dividida dirección 1-2 (A)
	2-Carretera dividida dirección 2-1 (B)
	3-Carretera sin división (inventario en dirección 1-2)
	4-Carretera sin división (inventario en dirección 2-1)
	99-Otro
Clasificación Funcional	1-Autopista (6-8 carriles TDP > 20000)
	2-Arteria Rural (4-6 carriles, TPD 10000-20000)
	3-Arteria Urbana (4-6 carriles, TPD 10000-20000)
	4-Arteria Menor Rural (2 carriles, TPD 3000 - 10000)
	5-Arteria Menor Urbana (2 carriles, TPD 3000 - 10000)
	6-Colector Mayor Urbano (4 carriles, TPD 10000 - 20000)
	7-Colector Mayor Rural (4-6 carriles, TPD 10000 - 20000)
	8-Colector menor rural (2 carriles, TPD 500 - 3000)
	9-Colector menor urbano (2 carriles, TPD 500 - 3000)
	10-Local Rural (2 carriles, TPD 100 - 500)
	11-Local Urbano (2 carriles, TPD 100 - 500)
	12-Rural (1-2 carriles, TPD <100)
	99-Otro
Rural Urbano	1-Área_Urbanizada (población > 50,000 habitantes)
	2-Pequeñas_áreas_urbanas (población entre 5,000 y 50,000 habitantes)
	3-Áreas Rurales (fuera de los límites de áreas urbanas, población < 5,000 habitantes)
	99-Otro
Tipo Segmento Plan Nacional de Transporte	1-Red Vial Estratégica (Plan Nacional Transporte)
	2-Red Vial Complementaria (Plan Nacional de Transporte)
	99-Otro
Control Accesos	1-Carretera acceso restringido (incluye acceso de otras calles públicas)
	2-Carretera restricción parcial (restringe únicamente el acceso a propiedades privadas)
	3-Acceso directo permitido
	99-Otro

2. Sección transversal del segmento

CONTENIDO	OPCIONES
Tipo Superficie	1-Sin pavimentación 2-Pavimento flexible 3-Pavimento Rígido 99-otro
Ancho Superficie Pavimento	Ancho medido de la superficie de pavimento
Fricción Superficie	Coefficiente de fricción de la superficie
Fecha Medición GRIP Number	Fecha/hora
Rugosidad del pavimento (IRI).	Rugosidad del segmento en estudio
Fecha Medición IRI	Fecha/hora
Condición Pavimento (PSR)	4-Nuevo o casi nuevo, sin grietas ni baches. 3-Pavimento con grietas menores 2-Pavimento deteriorado que afecta el tránsito a altas velocidades (con roderas, bacheo extensivo, mapeo de grietas) 1-Pavimento deteriorado que afecta la velocidad del tránsito 0-Pavimento Extremadamente Deteriorado solamente se puede transitar a bajas velocidades 99- otro
Fecha Medición Condición Pavimento	Fecha/hora
Número Carriles	Número de carriles en ambos sentidos
Ancho carril externo	Ancho medido del carril externo
Ancho Carril interno	Ancho medido del carril interno
Carril Auxiliar	0-Carril de ascenso 1-Carril adelantamiento 2-Carril exclusivo de giro derecho continuo 3-Otro (no incluye carril central de giro izquierdo, o carril exclusivo de buses) 4-Ninguno
Longitud Carril Auxiliar	Longitud medida del carril auxiliar



Carril Exclusivo Autobuses	0-Ninguno 1-Tiene carril exclusivo de autobuses 2-Carril Exclusivo Autobuses 3-Espaldón usado como carril exclusivo para autobuses en horarios específicos
Número carriles exclusivos	Número de carriles exclusivos pertenecientes a la sección en estudio.
Carril Reversible	0-Sin carril reversible 1-Un carril reversible 2-Un carril reversible 3-Más de dos carriles reversibles
Facilidades Ciclistas	0-Ninguno 1-Ancho carril externo sin marcación para ciclistas 2-Ancho carril externo con marcación para ciclistas 3-Ciclocarril con marcación 4-Ciclovía separada de la vía principal 5-Ruta señalizada para ciclistas pero sin ninguna facilidad para los ciclistas 99-Otro
Ancho Facilidad Ciclistas	Ancho medido del carril exclusivo para ciclistas
Número Carriles Pico	Número de carriles pico
Espaldón Derecho	0-Ninguno 1-Espaldón de pavimento flexible 2-Espaldón de concreto rígido 4-Espaldón con más de dos superficies (parte es pavimentado y parte en tierra) 5-Espaldón en tierra 99-Otro
Ancho Espaldón derecho	Ancho medido del espaldón derecho .
Ancho Espaldón derecho pavimentado	Ancho medido del espaldón derecho pavimentado
Bandas sonoras espaldón derecho	0-Ninguno 1-Bandas sonoras fuera de la línea de borde 2-Bandas Sonoras sobre o bajo la línea de borde 99-Otro



Espaldón Izquierdo	<p>0-Ninguno</p> <p>1-Espaldón de pavimento flexible</p> <p>2-Espaldón de concreto rígido</p> <p>3-Espaldón de grava u otro material estabilizado</p> <p>4-Espaldón con más de dos superficies (parte es pavimentado y parte en tierra)</p> <p>5-Espaldón en tierra</p> <p>6-Otro</p>
Ancho Espaldón Izquierdo	Ancho medido del espaldón izquierdo
Ancho Espaldón Izquierdo pavimentado	Ancho medido del espaldón derecho
Bandas sonoras espaldón izquierdo	<p>0-Ninguno</p> <p>1-Bandas Sonoras fuera de la línea de borde</p> <p>2-Bandas Sonoras sobre o bajo la línea de borde</p> <p>99-otro</p>
Acera	<p>0-Ninguno</p> <p>1-Continua al lado izquierdo</p> <p>2-Discontinua al lado derecho</p> <p>3-Continua al lado derecho</p> <p>4-Continua al lado izquierdo</p> <p>5-Continua en ambos lados</p> <p>6-Discontinua en ambos lados</p> <p>99-otro</p>
Cordón Cano	<p>0-Ninguno</p> <p>1-Continuo al lado izquierdo</p> <p>2-Discontinuo al lado derecho</p> <p>3-Continuo al lado derecho</p> <p>4-Continuo al lado izquierdo</p> <p>5-Continuo en ambos lados</p> <p>6-Discontinuo en ambos lados</p> <p>99-Otros</p>
Tipo Cordón	<p>0-Ninguno</p> <p>1-Cordón suave (Menor a 10 cm de altura y con una pendiente mayor a 45 grado)</p> <p>2-Vertical</p> <p>99-Otro</p>



Medianera	<p>0-Sin medianera</p> <p>1-Tipo Medianera a nivel (solo demarcación) al menos de un metro de ancho</p> <p>2-Medianera elevada</p> <p>3-Medianera bajo nivel</p> <p>4-Carril exclusivo de giro izquierdo</p> <p>5-Vía de ferrocarril o carril exclusivo para buses</p> <p>6-Dividido con pendientes separadas sin muro de contención</p> <p>7-Dividido con pendientes separadas con muro de contención</p> <p>99-otro</p>
Ancho Medianera	Ancho medido de la medianera
Tipo Presencia Barrera Medianera	<p>1-Sin protección medianera pintada(1 metro_ mínimo)</p> <p>2-Cordón</p> <p>3-Sistema rígido</p> <p>4-Barrera contención Metálica</p> <p>5-Sistema contención tipo cable</p> <p>6-Rígidez sin especificar</p> <p>99-Otro</p>
Ancho Espaldón medianera	Ancho medido del espaldón medianera
Bandas Sonoras Medianera	<p>0-Ninguno</p> <p>1-Bandas Sonoras fuera de la línea de borde</p> <p>2-Tipo Bandas Sonoras sobre o bajo la línea de borde</p> <p>99-Otro</p>
Cruces Medianera	<p>0-Ninguno</p> <p>1-Giros izquierdos con bahías</p> <p>2-Giros izquierdos con bahías separadas para cada sentido de circulación</p> <p>3-Carril central exclusivo para giros izquierdos</p> <p>99-Otro</p>



3. Costado de la vía

CONTENIDO	OPCIONES
Ancho Zona Libre	Ancho medido de la zona libre
Tipo Pendiente Talud Lado Derecho	1-Pendiente positiva (hacia arriba)
	2-Pendiente negativa (hacia abajo)
	3-No aplica - Barrera Existente
	4-No aplica - Centro de ciudad
	5-Plano
	99-Otro
Pendiente Lado Derecho	Pendiente medida al lado derecho
Ancho Pendiente Lado Derecho	Ancho medido en la pendiente lado derecho .
Tipo Pendiente Talud Lado Izquierdo	1-Pendiente positiva (hacia arriba)
	2-Pendiente negativa (hacia abajo)
	3-No aplica Barrera Existente
	4-No aplica Centro de ciudad
	5-Plano
	99-Otro
Pendiente Lado Izquierdo	Pendiente medida al lado izquierdo
Ancho Pendiente Lado Izquierdo	Ancho medido en la pendiente lado izquierdo



Elementos Descriptivos Costado Vía Índice seguridad	1-Índice 1: zonas libres con un ancho mayor a 9 metros, con una pendiente más plana de 1:4 (recuperable)
	2-Índice 2: zonas libres con un ancho entre 6 y 8 metros, con una pendiente más plana de 1:4 (recuperable)
	3-Índice 3: zonas libres con un ancho de unos 3 metros, con una pendiente de 1:4 o 1:3 (marginamente recuperable)
	4-Índice 4: zonas libres entre 1,5 y 3 m, con una pendiente de 1:4 o 1:3 puede guardavía (1,5-2 m) o tener objetos fijos (postes, arboles) a unos 3 m del borde de la calzada
	5-Índice 5: zonas libres entre 1,5 y 3 m, con una pendiente de 1:3 puede guardavía (a menos de 1,5 m) o tener objetos fijos (postes, arboles) a unos 2-3 m del borde de la calzada, virtualmente no recuperable
	6-Índice 6: zonas libres menor a 1,5, con una pend de 1:2 sin guardavía, objetos fijos (postes, arboles) a menos de 2 m del borde de la calzada, no recuperable
	7-Índice 7: zonas libres menor a 1,5, con una pend de 1:2 o mayor, acantilado (guindo) o corte vertical de roca sin guardavía, alta posibilidad de serias heridas en caso de una colisión a un costado de la vía, no recuperable
	99-Otro
Accesos Comerciales Mayores	Número de accesos a comerciales mayores
Accesos Comerciales Menores	Número de accesos a comerciales menores
Accesos Residenciales Mayores	Número de accesos a residenciales mayores
Accesos Residenciales Menores	Número de accesos a residenciales menores
Accesos Industriales Mayores	Número de accesos a industriales mayores
Accesos Industriales Menores	Número de accesos a industriales menores
Otros Accesos	Número de otro tipo de accesos

4. Otros elementos descriptivos

CONTENIDO	OPCIONES
Otros Descriptores del Segmento Tipo terreno	1-Montañoso 2-Ondulado 3-Plano 99-Otro
Cantidad Intersecciones Semaforizadas	Número de intersecciones reguladas con semáforos.
Cantidad Semáforos Peatonales	Cantidad de semáforos peatonales en el segmento en estudio.
Intersecciones con Altos	Cantidad de intersecciones con altos
Intersecciones sin Alto	Cantidad de intersecciones sin alto

5. Operaciones de tráfico

CONTENIDO	OPCIONES
Operaciones tráfico en el Segmento una doble vía	1-Una dirección (una vía) 2-Dos direcciones (doble vía) 3-Una dirección (una vía para carreteras divididas) 99-Otro
Limite Velocidad	Límite de velocidad establecido
Velocidad Percentil_85	Velocidad en el percentil 85 establecida
Velocidad Promedio	Velocidad promedio establecido.
Operaciones tráfico en el Segmento indicador Zona Escolar	1-Señalización zona escolar 2-Sin señalización zona escolar
Operaciones tráfico en el Segmento presencia estacionamiento	1-Permitido las 24 horas del día 2-Prohibido las 24 horas del día 3-Permitido durante específicos periodos del día



Operaciones tráfico en el Segmento tipo de estacionamiento	<p>1-No está permitido estacionar o no hay disponible</p> <p>2-Parqueo paralelo a la vía permitido a un lado de la vía</p> <p>3-Parqueo paralelo a la vía permitido a ambos lados de la vía</p> <p>4-Parqueo perpendicular a la vía permitido a un lado de la vía</p> <p>5-Parqueo perpendicular a la vía permitido a ambos lados de la vía</p> <p>6-Parqueo en ángulo permitido a un costado de la vía</p> <p>7-Parqueo en ángulo permitido en ambos lados de la vía</p>
Operaciones tráfico en el Segmento tipo de iluminación	<p>1-No hay iluminación</p> <p>2-Iluminación puntual (discontinua) a un costado de la vía</p> <p>3-Iluminación puntual (discontinua) a ambos costados de la vía</p> <p>4-Iluminación continua a un costado de la vía</p> <p>5-Iluminación continua a ambos costados de la vía</p> <p>6-Iluminación continua centro de la vía</p> <p>99-Otro</p>
Operaciones tráfico en el Segmento tipo de casetas peaje	<p>1-No hay caseta peaje</p> <p>2-Peaje_en_una_dirección</p> <p>3-Peaje_en_dos_direcciones</p> <p>99-Otro</p>
Operaciones tráfico en el Segmento tipo de línea borde	<p>1-No hay línea de borde marcada</p> <p>2-línea de borde de 10 cm de ancho</p> <p>3-línea de borde de 15 cm de ancho</p> <p>4-línea de borde de 20 cm de ancho</p> <p>5-línea de borde mayor de 20 cm</p> <p>99-Otro</p>
Operaciones tráfico en el Segmento tipo de línea centro	<p>1-No hay línea de centro marcada</p> <p>2-línea de centro de 10 cm de ancho</p> <p>3-línea de centro de 15 cm de ancho</p> <p>4-línea de centro de 20 cm de ancho</p> <p>5-línea de centro mayor de 20 cm</p> <p>99-Otro</p>



Operaciones Tráfico Bandas sonoras centro vía	1-Ninguna
	2-Bandas Sonoras adyacentes a la línea de centro
	3-Bandas Sonoras sobre o bajo la línea de centro
	99-Otro
Porcentaje Zona Adelantamiento	Numero

6. Puentes

CONTENIDO	OPCIONES
Número de Puento	Número de puente asignado

7. Curvas horizontales

CONTENIDO	OPCIONES
Curva km inicial	
Curva km final	
Curva Horizontales Tipo curva	0-Ninguna
	1-Cambio de dirección en un punto (sin curva)
	2-Curva simple
	3-una curva en una curva compuesta
	4-Una Curva en una curva y contra curva
	99-Otro
Radio	Numero
Curvas Horizontales transición espiral	0-Sin transición
	1-Transición en espiral
	2-Otra transición
Deflexión Angular	
Curvas Horizontales dirección en la dirección del inventario	1-Derecha
	2-Izquierda



8. Pendientes verticales

MENÚ	Opciones
Número curva vertical	Número de curva vertical asignado
Pendientes verticales tipo alineamiento vertical	1-Punto de cambio de pendiente en un punto
	2-Pendiente vertical
	3-Curva cóncava
	4-Curva convexa
	99-Otro
Diferencia Pendientes	

9. Intersecciones

MENÚ	Opciones
Número Intersección	Número de intersección asignado
Intersección Tipo	1-Cruce_con_Carretera
	2-Cruce_Peatonal
	3-Ciclovía
	4-Ferrocarril
	6-Rampa (en intercambios)
	99-Otros
Estacionamiento Intersección	Número de estacionamiento intersección asignado
Número de la Ruta con la que se cruza	Número de ruta asignado
Intersección Cantidad accesos	3-3 accesos
	4-4 accesos
	5-5 accesos
	6-6 o más accesos
Intersección Geometría	1-Y
	2-T
	3-Cruz
	4-Rotonda
	5-Cruce peatonal
	6-Intersección no convencional (medianera para giros en U)
	99-Otros



Intersección Indicador Zona Escolar	1-Con señalamiento zona escolar cercanías
	2-Sin señalamiento zona escolar cercanías
Intersección Ferrocarril	1-Cruce Ferrocarril
	2-No es cruce ferrocarril
Ángulo formado entre las dos rutas de la intersección	
Desfase en metros del acceso secundarios	El valor es 0 si los accesos están alineados
Intersección Dispositivo control tránsito	0-Sin control
	1-Alto
	3-Semáforo
	4-Alto y ceda
	6-Ferrocarril agujas y luces intermitentes
	7-Ferrocarril solo luces intermitentes
	8-Ferrocarril Alto y demarcación
	9-Ferrocarril Alto solamente
	10-Ferrocarril Demarcación solamente
	99-Otros
Intersección Tipo Semaforización	0-Sin semáforo
	1-Tiempo fijo sin coordinación
	2-Tráfico actuado sin coordinar
	3-Coordinación Progresiva
	4-Sistema adaptativo
	5-Semáforo cruce ferrocarril
	6-Semáforo peatonal
99-Otro	
Intersección Iluminación	1-Hay iluminación artificial
	2-No hay iluminación artificial
Cantidad de carriles de circulación dentro de la rotonda	Número de carriles dentro de la rotonda
Ancho de los carriles dentro de la rotonda	Ancho medido de los carriles dentro de la rotonda
Distancia diametral entre los bordes externos de los carriles externos	Distancia diametral medida entre los bordes externos de los carriles externos.
Intersección Rotonda Facilidades ciclistas	0-No hay
	1-Facilidad separada
	2-Carril para ciclistas



10. Acceso de la intersección

MENÚ	Opciones
Número Intersección	Numero de intersecciones del segmento en estudio.
Accesos Dirección del acceso respecto a la intersección	1-Norte (0)
	2-Noreste (45)
	3-Este (90)
	4-Sureste (135)
	5-Sur (180)
	6-SurOeste (225)
	7-Oeste (270)
	8-NorOeste (315)
	99-Otro
TPDA del acceso	TPDA registrado para el acceso
Año TPDA	Año en que se registra el TPD
Accesos Modo Aproximación	1-Vehicular, o vehicular combinado con peatones y ciclistas
	2-Peatonal
	3-Sólo bicicletas
	4-Peatones y bicicletas
	5-Ferrocarril
	99-Otro
Accesos Dirección Flujo	1-Una Vía
	2-Doble vía
Número de carriles del acceso	Número de carriles del acceso
Tipo de Carril Giro Izquierdo	0-Giro izquierdo prohibido
	1-Giro izquierdo compartido con otros giros en el mismo carril
	2-Carril exclusivo de Giro izquierdo
	99-Otro
Cantidad carriles giro izquierdo	Cantidad de carriles para el giro izquierdo
Desplazamiento del carril de giro izquierda	



Accesos Canalización Giro Derecho	0-Sin canalización
	1-Isla pintada con carril recibiendo
	2-Isla pintada sin carril recibiendo
	3-Isla construida con carril recibiendo
	4-Isla construida sin carril recibiendo
	5-Giro derecho prohibido
	99-Otro
Accesos Control Tráfico Carril Exclusivo Giro Derecho	0-Sin control
	1-CEDA
	2-ALTO
	3-SEMAFORO
	99-Otro
Cantidad de carriles exclusivos de giro derecho	Número de carriles exclusivos para el giro derecho.
Accesos Tipo Medianera accesos	0-Sin medianera
	1-Medianera a nivel (solo demarcación) al menos de un metro de ancho
	2-Medianera elevada
	3-Medianera bajo nivel
	4-Carril exclusivo de giro izquierdo
	5-Vía de ferrocarril o carril exclusivo para buses
	99-Otro
Accesos Control Tráfico Acceso	0-Sin control
	1-CEDA
	2-ALTO
	3-SEMAFORO
	4-Cruce ferrocarril Agujas y semáforo intermitente
	5-Cruce ferrocarril sólo semáforo intermitente
	6-Cruce ferrocarril sólo señal de alto
9-Otro	
Accesos Protección Giro Izquierdo	0-Sin Semaforización
	1-Giro izquierdo protegido
	99-Otro



Accesos Progresión Semáforo en el acceso	0-Sin semáforo
	1-Tiempo fijo sin coordinación
	2-Tráfico actuado sin coordinar
	3-Coordinación Progresiva
	4-Sistema adaptativo
	5-Semáforo cruce ferrocarril
	6-Semáforo peatonal
	99-Otro
Accesos Presencia y Tipo Cruce Peatonal	0-Sin demarcación
	1-Con demarcación
	2-Con demarcación y dispositivos suplementarios (Señal de Alto, CEDA, semáforo intermitente)
	3-Con demarcación e isla de refugio
	4-Con demarcación, isla de refugio y dispositivos suplementarios (Señal de Alto, CEDA, semáforo intermitente)
	5-Cruce peatonal prohibido
99-Otro	
Accesos Tipo de Semáforo Peatonal	0-Sin semáforo peatonal
	1-Fasefija
	2-Activado con botonera
	99-Otro
Accesos Aspectos Especiales Semáforo Peatonal	0-Ninguno
	1-Accesible (tonos audibles, mensajes para personas ciegas o con baja visión)
	2-Contador de tiempo
	3-Accesible y con contador tiempo
	99-Otro
Flujo peatonal en el cruce	



Accesos Prohibiciones Giro Izquierdo/Derecho	1-Giro izquierdo prohibido siempre
	2-Giro izquierdo prohibido durante ciertos periodos del día
	3-Giro derecho prohibido siempre
	4-Giro derecho prohibido durante ciertos periodos del día
	5-Giros izquierdo y derecho prohibidos siempre
	6-Giros izquierdo y derecho prohibidos durante ciertos periodos del día
	7-Giros en U prohibidos
	8-No hay prohibiciones
	99-Otro
Accesos Prohibiciones Giro Derecho en Rojo	1-Giro derecho en rojo permitido siempre
	2-Giro derecho en rojo prohibido siempre
	3-Giro derecho en rojo prohibido durante algunos periodos del día
Volumen vehicular giros izquierda	Volumen registrado para los giros a la izquierda
Año medición giros izquierda	Año de registro de la medición
Volumen vehicular giros derecha	Volumen registrado para los giros a la derecha .
Año medición giros derecha	Año de registro de la medición
Accesos Bandas Sonoras Rugosas	0-No hay presencia bandas rugosas
	1-Si hay bandas rugosas



11. Acceso de la rotonda

CONTENIDO	OPCIONES
Ancho de entrada	Ancho medido de la entrada.
Identificador para intersección	
Identificador del acceso 139	1-Norte (0)
	2-Noreste (45)
	3-Este (90)
	4-Sureste (135)
	5-Sur (180)
	6-SurOeste (225)
	7-Oeste (270)
	8-NorOeste (315)
	99-Otro
Número carriles de entrada	Número de carriles de entrada del segmento.
Carril exclusivo giro izquierda	0-Sin canalización
	1-Isla pintada con carril recibiendo
	2-Isla pintada sin carril recibiendo
	3-Isla construida con carril recibiendo
	4-Isla construida sin carril recibiendo
	5-Giro derecho prohibido
	99-Otro
Ancho de la salida	Ancho medido de la salida
Número carriles salida	Número de carriles de salida del segmento en estudio.
Facilidades peatonales	1-Demarcado con isla construida
	2-Demarcado con isla demarcada
	3-Demarcado sin isla
	4-Sin demarcar con isla construida
	5-Sin Demarcar con isla demarcada
	6-Sin demarcar sin isla
	7-Cruce de peatones prohibido en el acceso 99-Otro
Distancia del cruce peatonal	Distancia medida del cruce peatonal
Ancho de la isla	Ancho medido de la isla



12. Intercambios y rampas

CONTENIDO	OPCIONES
Identificador único del intercambio	
Ubicación del intercambio	
Intercambios Tipo Intercambio	1-Diamante
	2-Trébol completo
	3-Trébol parcial
	4-Trompeta
	5-Rotonda nivel inferior
	6-Rotonda nivel superior
	99-Otro
Intercambios Iluminación	0-No hay iluminación artificial
	1-Todo el intercambio está iluminado con postes de alto montaje (30 m)
	2-Todo el intercambio está iluminado (otro)
	3-Intercambio parcialmente iluminado
	99-Otro
Volúmenes entrando al intercambio	Volumen registrado entrando al intercambio



13. Rampas

CONTENIDO	OPCIONES
Intercambio al que pertenece la rampa	Número de intercambio al que pertenece la rampa
Identificador único del intercambio	Identificador del intercambio
Identificador único de la rampa	Identificador de la rampa
Longitud de la rampa	Longitud medida de la rampa
Intercambios Iluminación	0-No hay iluminación artificial
	1-Todo el intercambio está iluminado con postes de alto montaje (30 m)
	2-Todo el intercambio está iluminado (otro)
	3-Intercambio parcialmente iluminado
	99-Otro
Carril de aceleración de la rampa	Numero
Volumen entrando al intercambio	Volumen registrado entrando al intercambio
Carril de desaceleración de la rampa	
Cantidad de carriles de la rampa	Cantidad de carriles disponibles en la rampa
TPD de la rampa	TPD registrado para la rampa
Año de la TPDA de la rampa	Año de registro del TPD de la rampa
Intercambios Metering en la rampa	0-Sin Metering
	1-Actuado
	2-Tiempos fijos
	99-Otro
Intercambios Límite Velocidad Recomendada Rampa	0-No hay límite de velocidad recomendado
	1-Menor a 40 KPH
	2-Igual o mayor que 40 KPH y menor a 60 KPH
	3-Igual o mayor que 60 KPH y menor a 80 KPH
	99-Otro



Anexo B. Ficha técnica del Geo3D

FICHA TÉCNICA		
	FT-UGERVN-02-13 	
Código:	FT-UGERVN-T3D-05	Versión: 01
Modelo:	MX-6	Nombre Equipo: Trident 3D
Responsable:	Laboratorio de Campo	Marca: Geo 3D
Descripción de equipo:		
<p>Para poder evaluar de forma integral cualquier proyecto de carreteras es necesario, además de la valoración de las capacidades funcionales y estructurales, realizar un análisis de los deterioros superficiales, con el fin de definir un diagnóstico de aspectos que no pueden ser medidos por los equipos anteriormente descritos.</p> <p>Para tales efectos el LanammeUCR cuenta con un equipo de cámaras digitales de alta resolución que toma imágenes referenciadas espacialmente en un sistema de coordenadas nacional. Este equipo realiza un levantamiento digital de imágenes a 360° que permiten analizar la mayoría de los detalles relevantes de la infraestructura vial, tales como deterioros superficiales, elementos de seguridad vial, elemento geométricos.</p>		
Esquema de equipo		
		
Experiencia existente		
<p>El LanammeUCR cuenta con este equipo desde el año 2010. Ha sido utilizado como parte de evaluaciones de diversos proyectos en el campo de Seguridad Vial, deterioros superficial de carreteras y puentes, a lo largo de la Red Vial Nacional y Municipal</p>		
Características técnicas		
<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con un grupo de 6 cámaras de alta resolución. - GPS - Unidad de medición Inercial (IMU) - Unidad de medición de distancias (DMU) - 3 Servidores WorkStation de gran capacidad 		
Calibración:		
<ul style="list-style-type: none"> - Se hace un recorrido en el sitio de calibración una vez que se conocen la ubicación espacial de las cámaras respecto a la localización del GPS en la camioneta. - Se ubican puntos con GPS en diferentes puntos del recorrido (a nivel de la superficie de rueda y a los lados de la carretera a diferentes elevaciones y dimensiones conocidas) - Se corrigen los ángulos de las cámaras en el programa, para mejorar la relación visual y la precisión entre las imágenes que se presentan de las diferentes cámaras que se relacionan entre sí. 		
Procedimiento obtención de datos		
<p>El equipo utilizado cuenta con un proceso previo de calibración que garantiza precisión y exactitud en la ubicación de los puntos y en las mediciones obtenidas, de manera que para evaluaciones a nivel de red así como de proyecto, se revelan condiciones reales al momento de recopilada la información.</p> <p>Las imágenes de las seis cámaras colocadas en el vehículo son de alta resolución, permitiendo detectar cualquier tipo de deterioro sobre la superficie del pavimento. Estas imágenes abarcan el frente y los lados del vehículo, y tres restantes sobre la superficie del pavimento en la parte posterior, para un total de 6 cámaras que proporcionan una base de datos de información visual detallada. Las imágenes son tomadas a razón de seis en un ángulo de 360° cada cuatro metros, y el software de análisis de imágenes, mediante métodos de paralaje, permite realizar mediciones de longitudes y áreas con una alta precisión, dejando una ubicación exacta del lugar donde se detecten deterioros del pavimento o cualquier otro aspecto de la infraestructura que se desee analizar.</p>		

Figura B 1. Ficha técnica de Equipo de Auscultación Visual (Geo3D).

Fuente: Lanamme, 2016

Anexo C. Manual de uso para Geo 3D

Manual y guía de usuario para el uso del software

Trimble Trident -3D



El equipo de auscultación visual de carreteras (Geo-3D), es un equipo de alta tecnología , que cuenta con seis cámaras de alta resolución y con un sistema de GPS de alta precisión.

Permite hacer un reconocimiento de un proyecto de manera más rápida y eficiente, pues graba en seis direcciones diferentes recorriendo la carretera en tiempo real, permite evaluar: condiciones del pavimento, taludes, espaldones, señalización horizontal y vertical, entre otros aspectos de interés.(Lanamme, 2015).

El sistema se coloca rápidamente en vehículos de carretera de todos los tamaños, y reduce significativamente el tiempo de los proyectos de campo en comparación con las técnicas tradicionales, dicho sistema se suministra con el software Trident 7.0, el cual permite realizar el trabajo con rapidez, agilidad y precisión.

A pesar de la eficiencia de dicho programa, hay que considerar la limitación que este presenta en cuanto a la medida de pendientes; por tanto, es conveniente mencionar que para complementar su uso es también necesario implementar otros programas como ArGis.

Antes de instalar el software de Trident 3D, asegúrese de que:

- Su computadora tenga acceso de administrador.
- Además, que cumpla con los requisitos del programa.

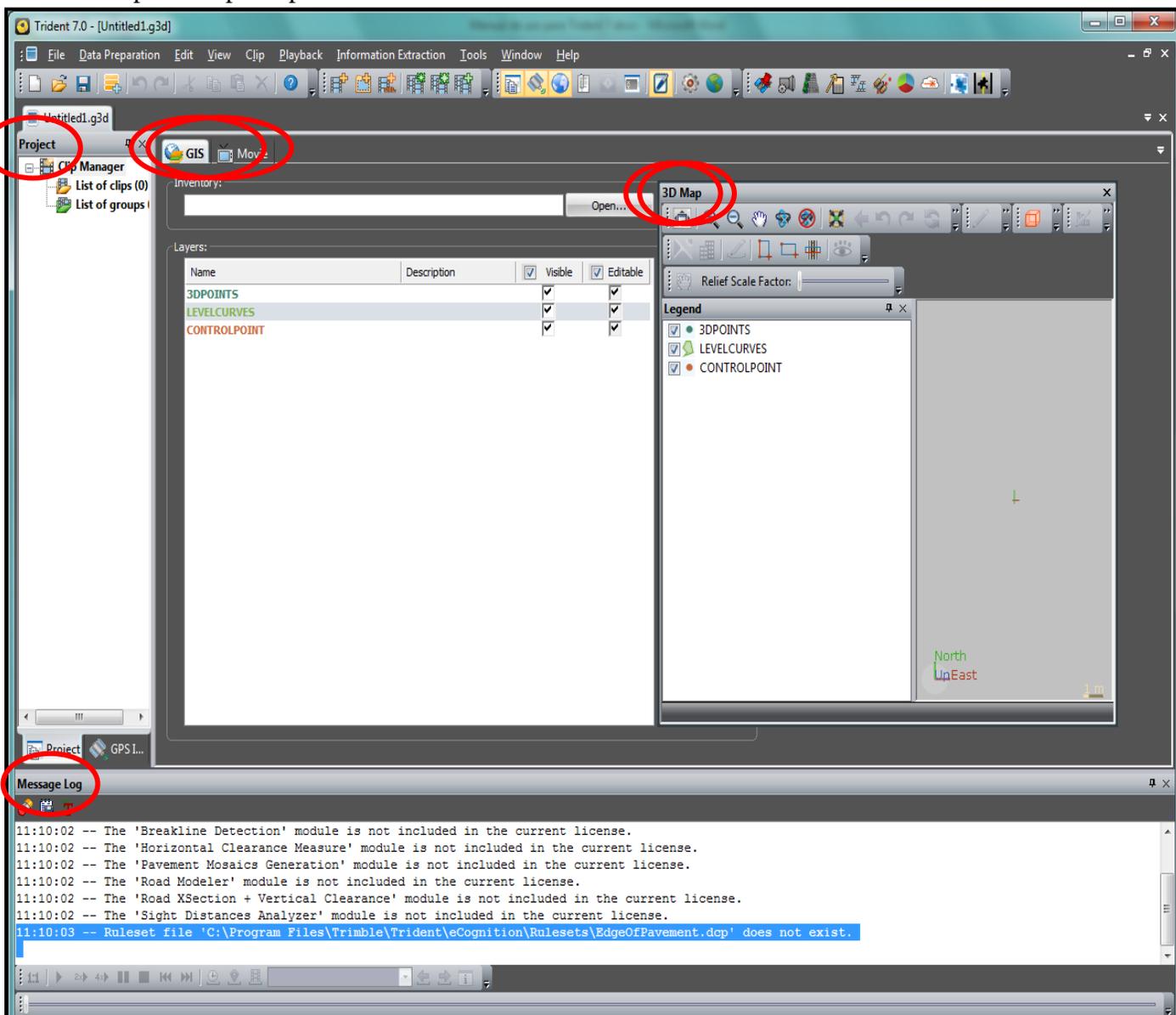
1. Requerimientos del programa:

Para la adecuada instalación del software, se deben cumplir las siguientes especificaciones:

Componente	Trident 64 bits
Sistema Operativo	Windows 7 o superior a esta versión
Procesador	quadcord 1.2 o superior
Memoria	preferiblemente 4GB o superior
Resolución de la pantalla	Debe ser monitor apto para trabajar con una tarjeta de video que tenga una memoria de 1GB o superior, preferiblemente trabajar con 2 monitores. Además se recomienda el uso de dos monitores.
Disco duro	1TB
Tarjeta gráfica	1GB o superior
ODBC driver	El software instala la versión de ODBC que necesita

2. Identificación del software

1. Seleccionar y abrir el programa en el ícono Trident 7.0, de donde se desplegará la pantalla principal:



La cual se divide en las siguientes partes.

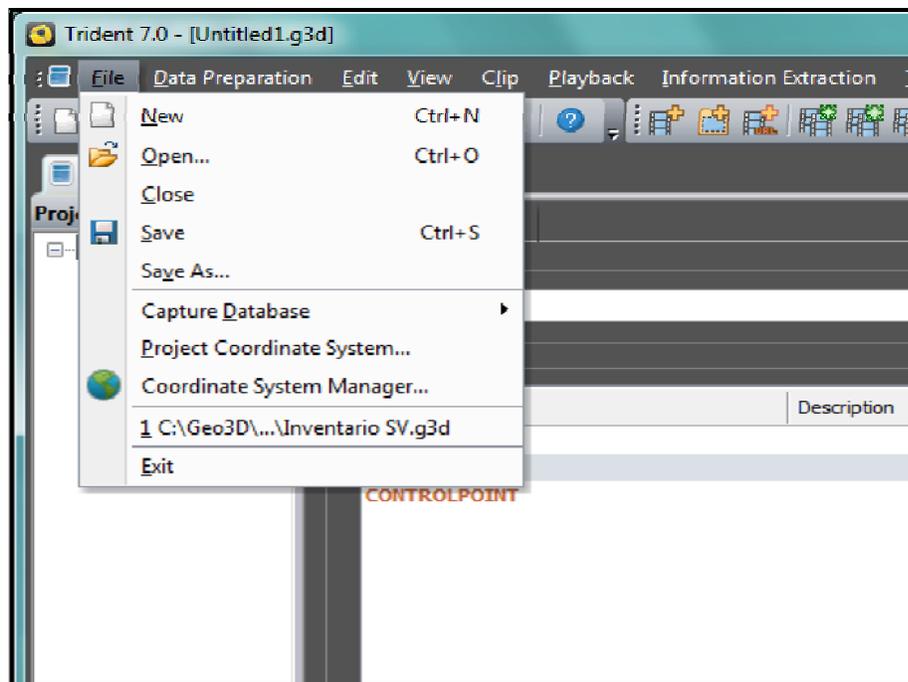
- Project: se muestra la información del trayecto recorrido como un video, para las seis cámaras disponibles.
- GIS y Movie: Acá se crean, se modifican y se les da características específicas a las capas con las que se va a trabajar. Las capas se pueden definir como: punto, poli línea, o bien, polígono.
- 3D Map: en el cual se puede observar el mapa de la ruta en estudio.
- Message Log: Este registro de mensajes posee un código de color para que el usuario pueda determinar la naturaleza del mensaje a simple vista.

Color	Tipo de mensaje
Negro	Información
Naranja	Advertencia
Rojo	Error
Azul	Resultado

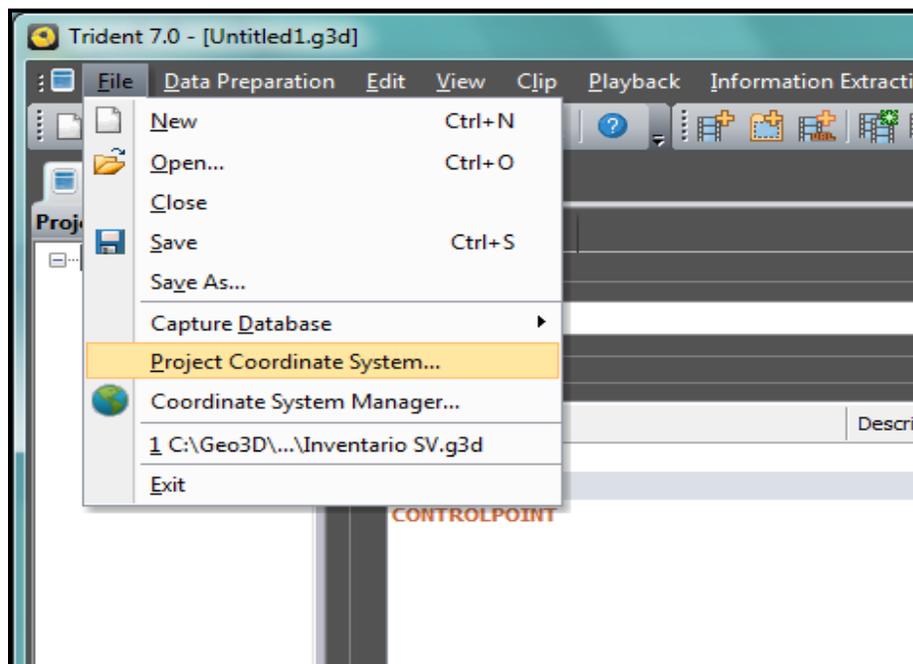
3. Definición de las coordenadas

Posteriormente, se deben establecer las coordenadas geográficas:

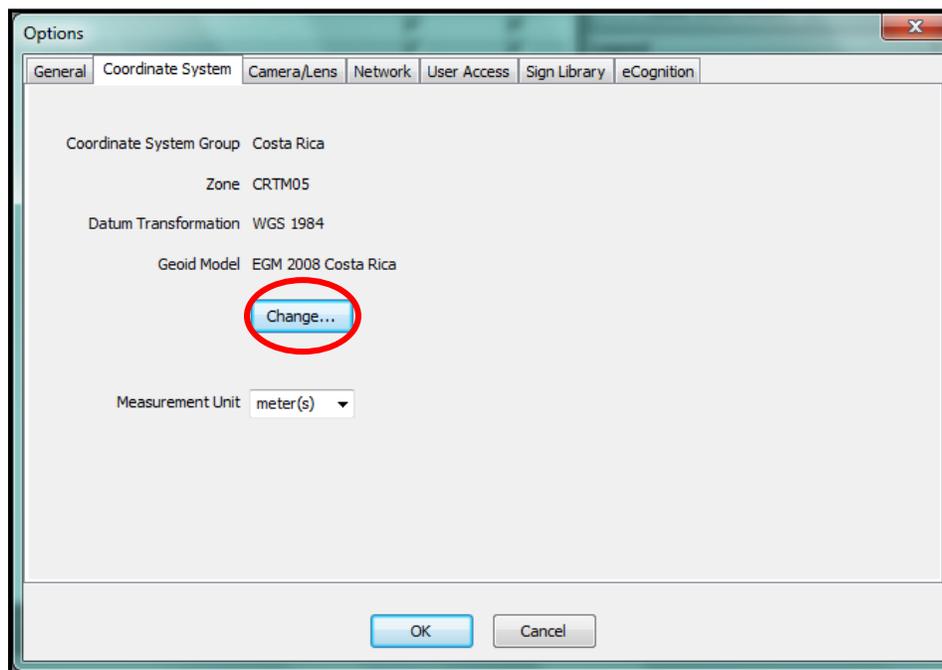
3.1 En la parte superior de la pantalla buscar la opción **File**.



3.2 Se selecciona **Project Coordinate System**.

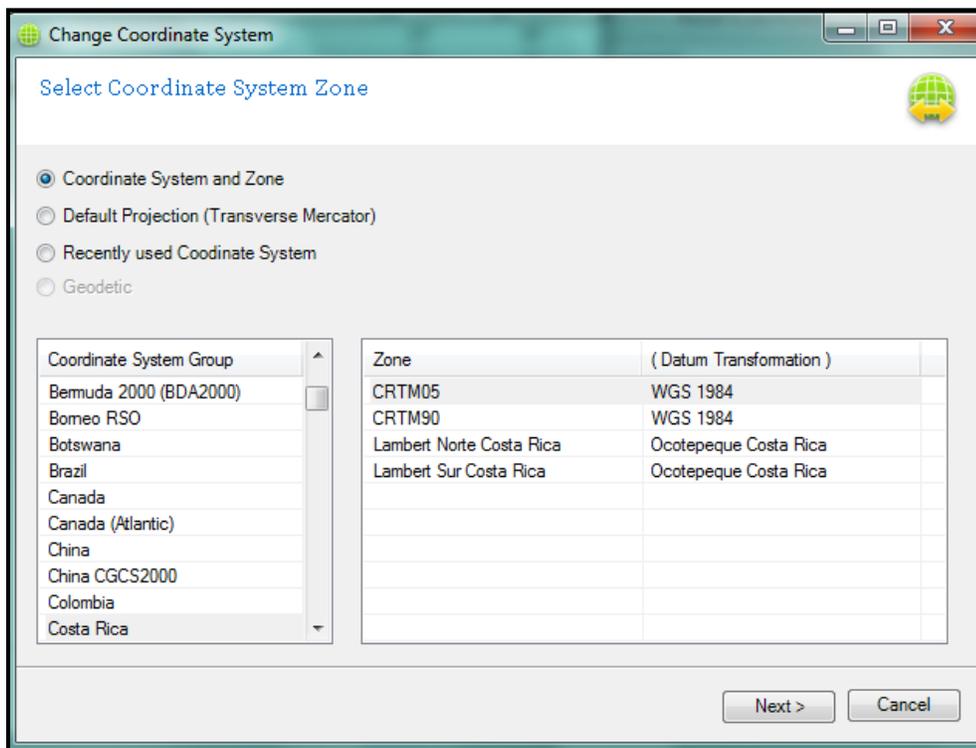


3.3 Se selecciona **Coordinate System**

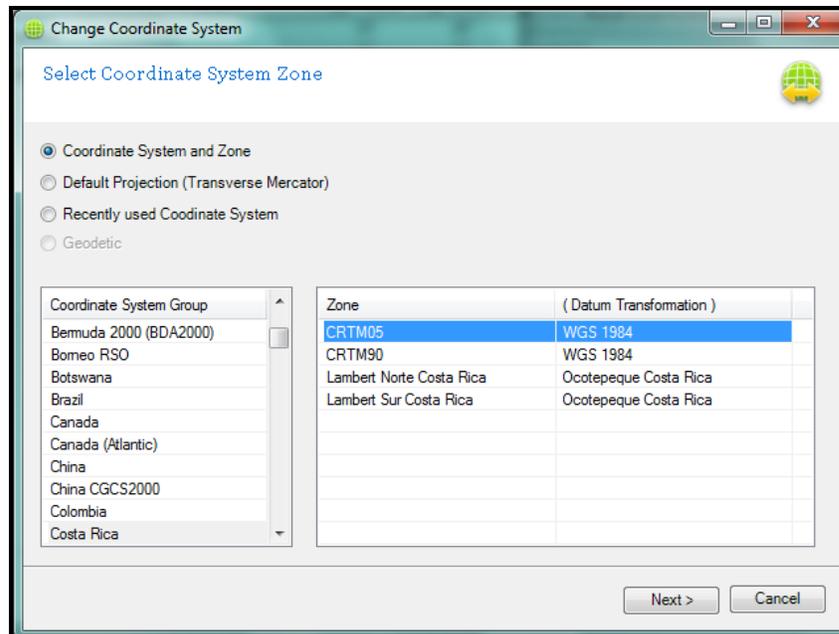


3.4 Se selecciona **Change**

3.5 En la nueva ventana, se debe seleccionar el sistema de coordenadas de la zona, por tanto, seleccionamos la opción **Coordinate system and Zone**, que es la primera opción.



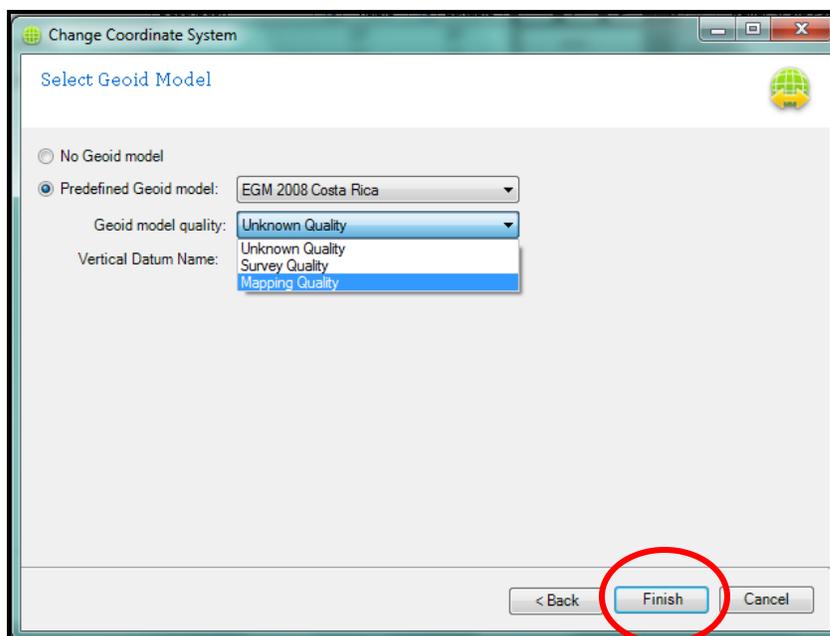
3.6 Se selecciona la zona **CRTM05**



3.7 Se selecciona **Next**

3.8 Ahora, se seleccionan las opciones como se muestra en la figura.

- Predefined Geoid model
EGM 2008 Costa Rica
- Vertical Datum Name
Mapping Quality

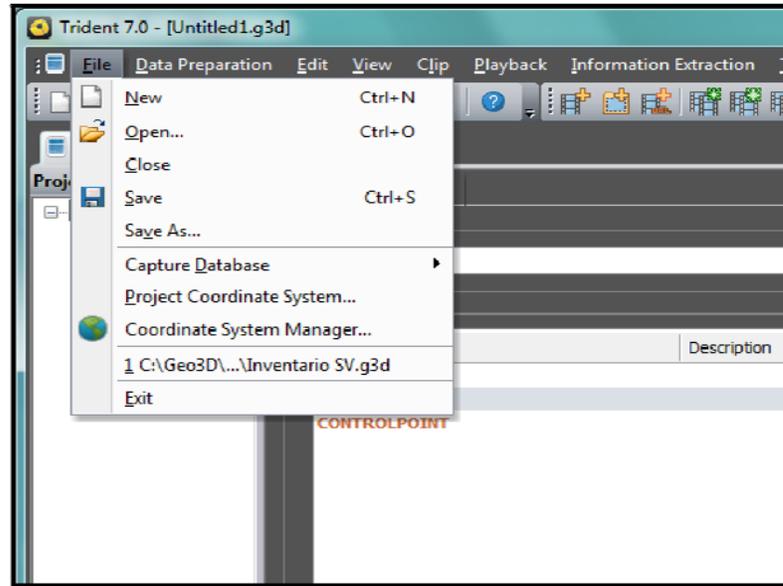


3.9 Se selecciona **Finish**

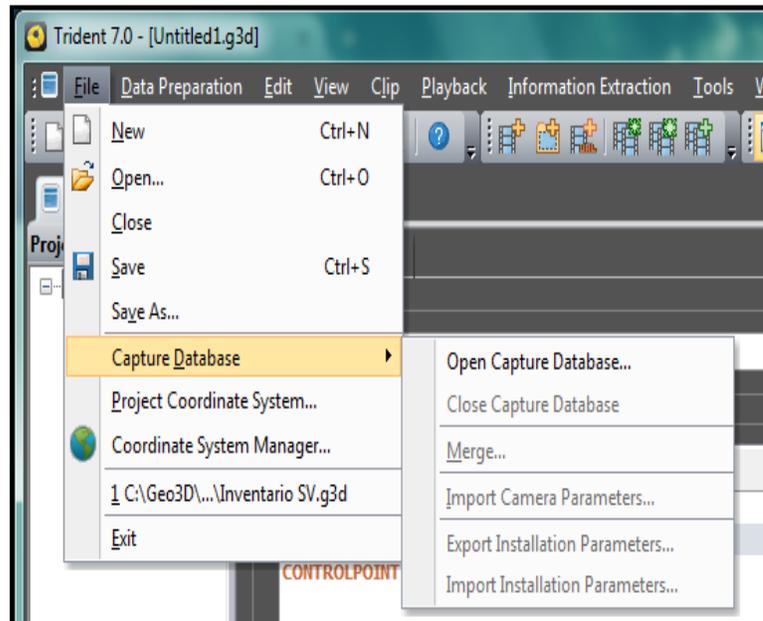
4. Selección y definición de la ruta a analizar

Ahora, es necesario indicar la información (por lo general se encuentran en formato *.tridb, *.mdb, *.accdb) obtenidas del programa Geo-3D; para esto, dicha información debe estar almacenada en el Disco local (C:) del equipo. A modo de ejemplo, vamos a trabajar con la ruta 32 que pertenece a la zona de Limón.

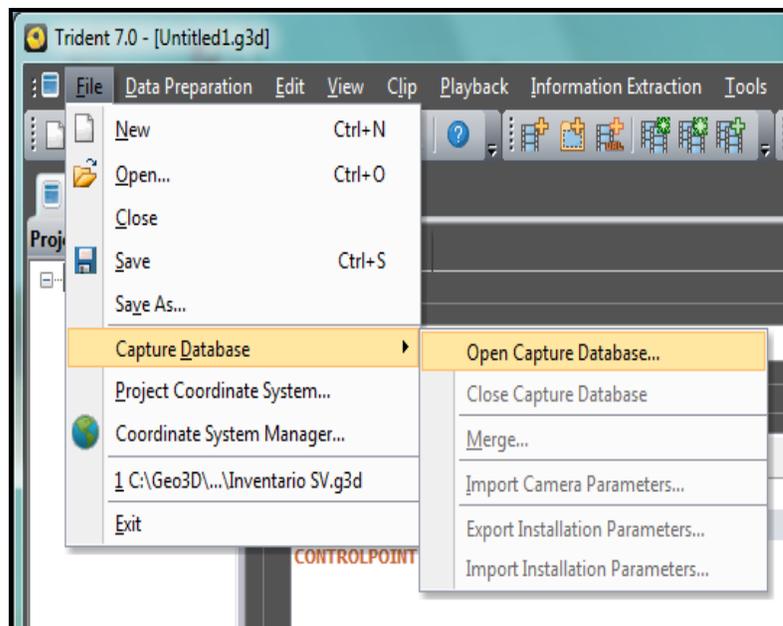
4.1 En la barra de herramientas de la parte superior del programa se selecciona **File**



4.2 Se selecciona **Capture Database**

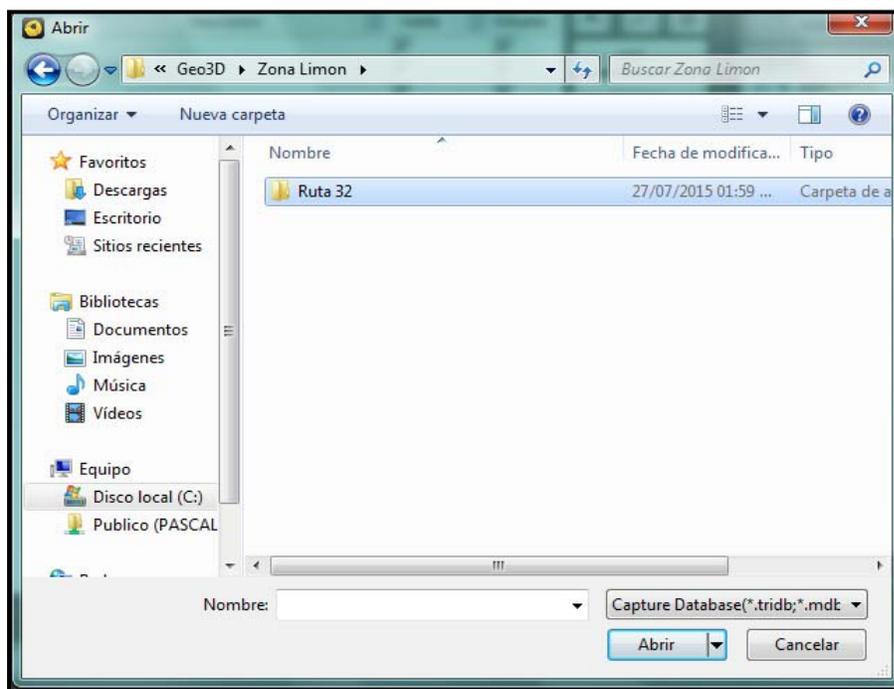


4.3 Se selecciona **Open Capture Database**



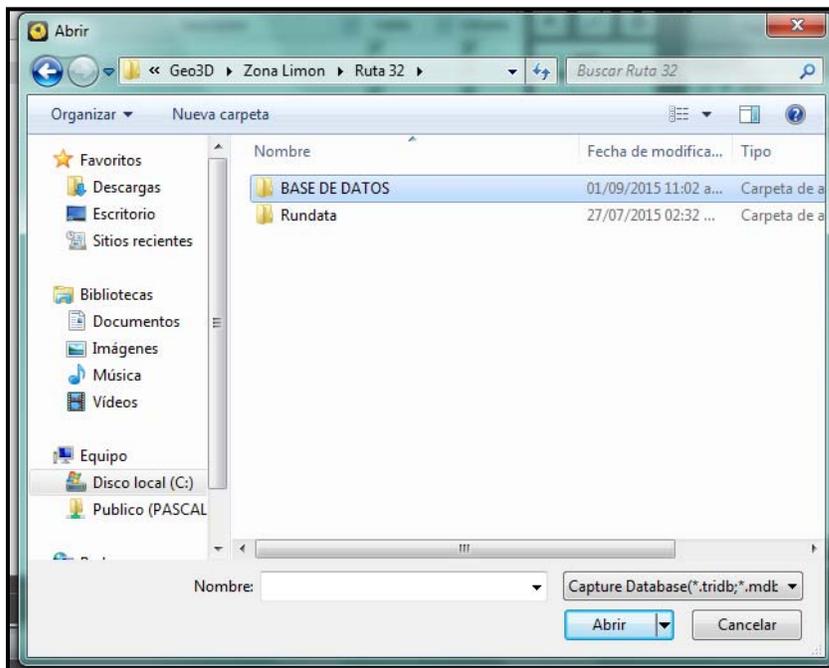
4.4 Se busca el Disco local (C:) la información a utilizar ya sea tanto las bases de datos como la información obtenida de geo 3D debe estar almacenada en esta unidad.

4.5 Se selecciona la ruta con la que se va a trabajar, como se mencionó con anterioridad se va a trabajar, a modo de ejemplo, con datos de la Ruta Nacional 32

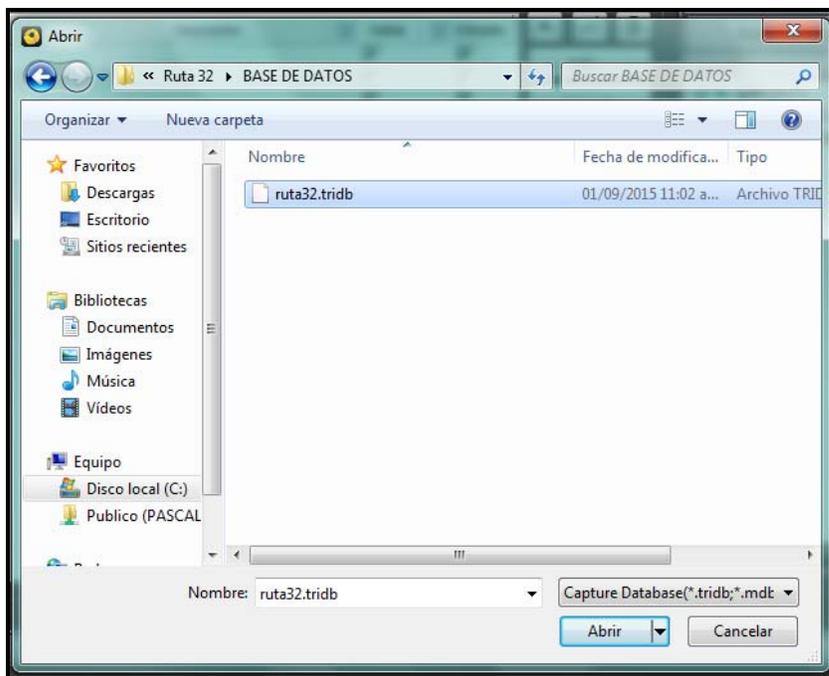


Posteriormente se elige **abrir**

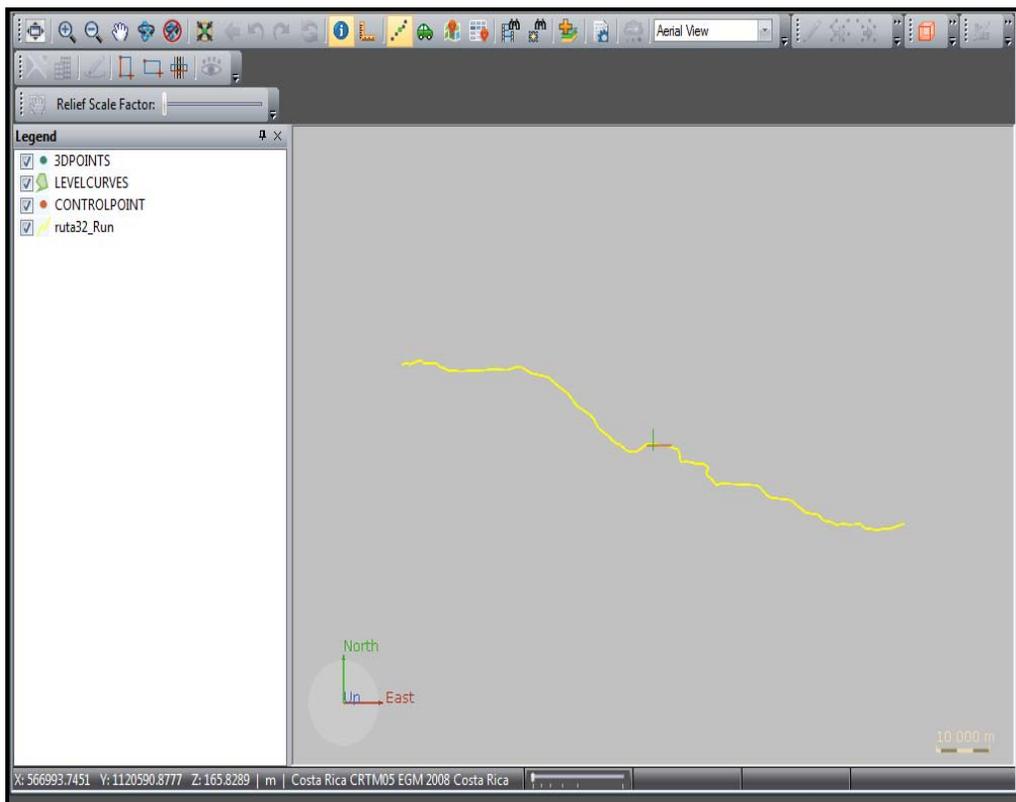
4.6 La carpeta con la ruta seleccionada, va a contener dos carpetas más de las cuales se va a seleccionar la que dice **BASE DE DATOS**.



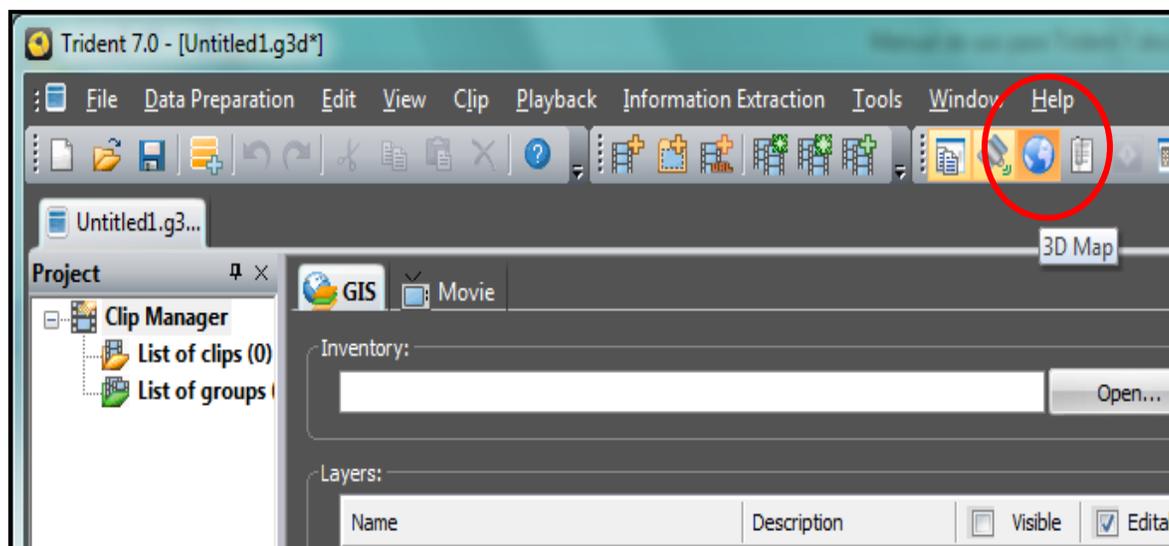
4.7 Se selecciona el archivo **.tridb**, y en nuestro caso se llama **ruta21.tridb**



4.8 Se selecciona **abrir**. De donde en 3D Map se va a obtener un mapa con la ruta, como el siguiente:

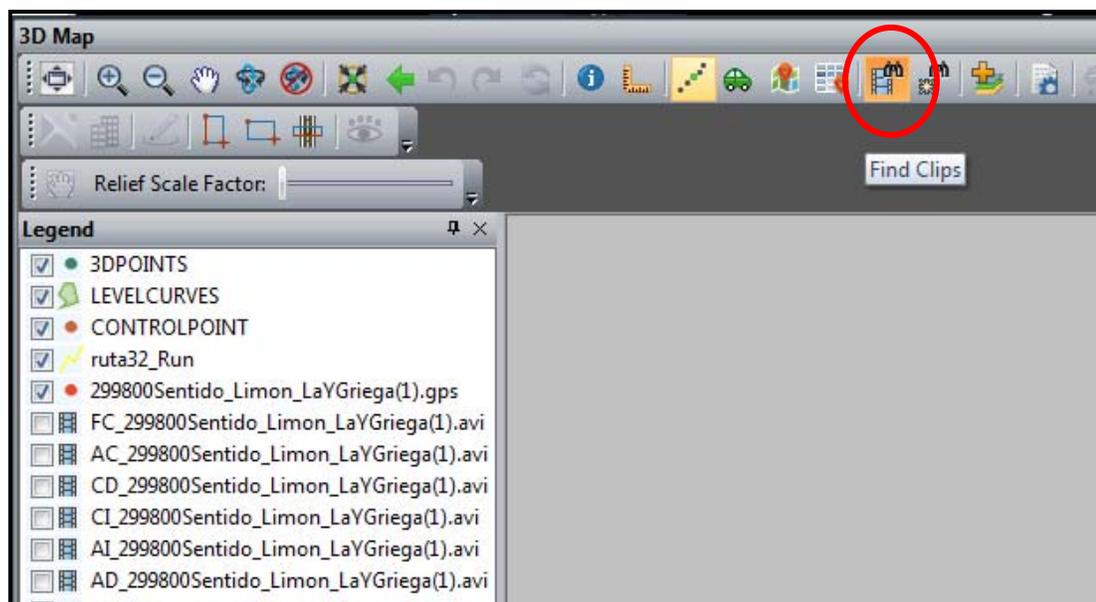


4.9 Si no aparece el mapa de la ruta, diríjase a la barra de herramientas de la parte superior y activamos la herramienta **3D Map**

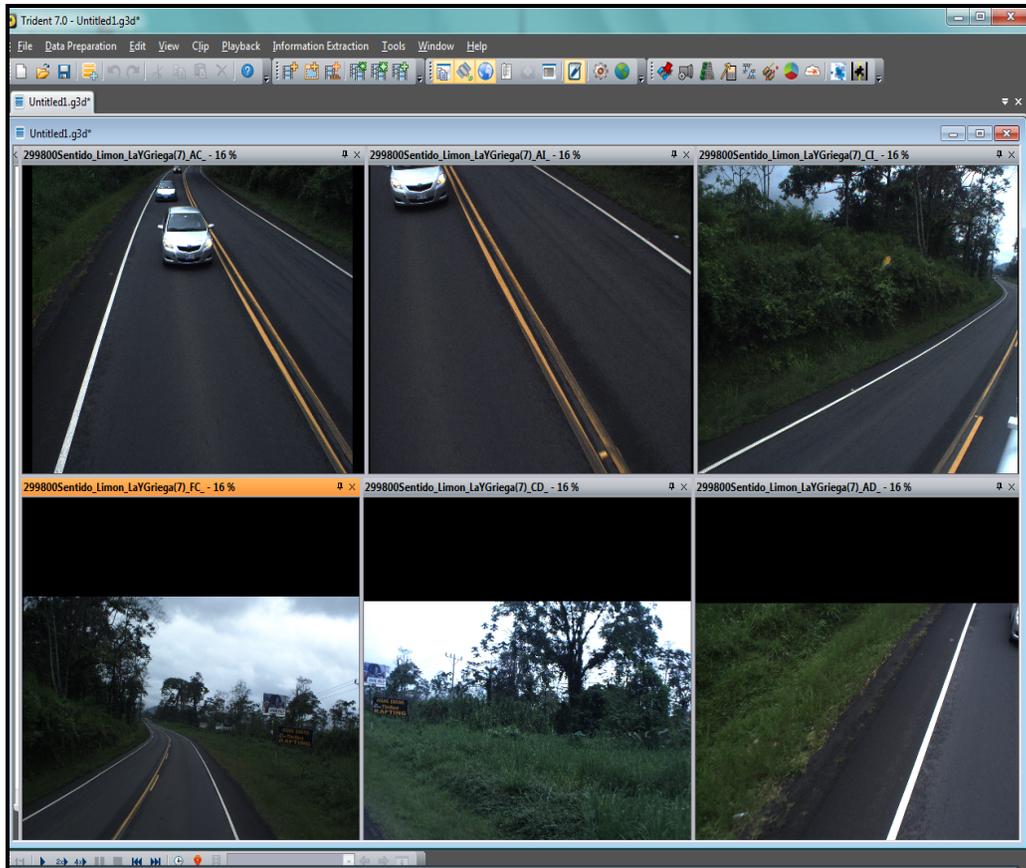


4.10 A partir del mapa de la ruta, se pueden obtener la proyección de las seis cámaras de la siguiente manera:

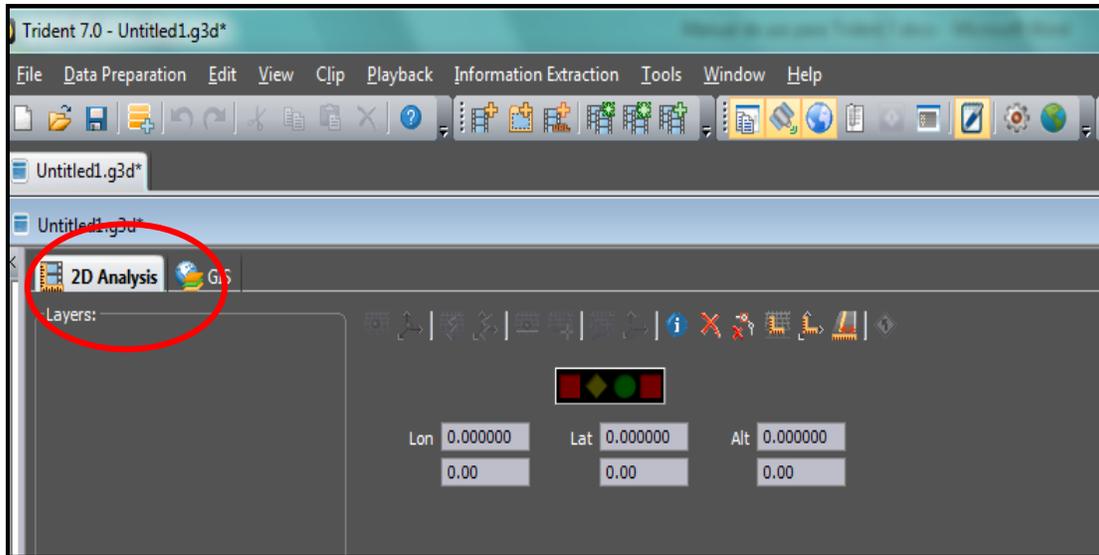
4.11 En parte superior, se da click en la herramienta **Find Clips**



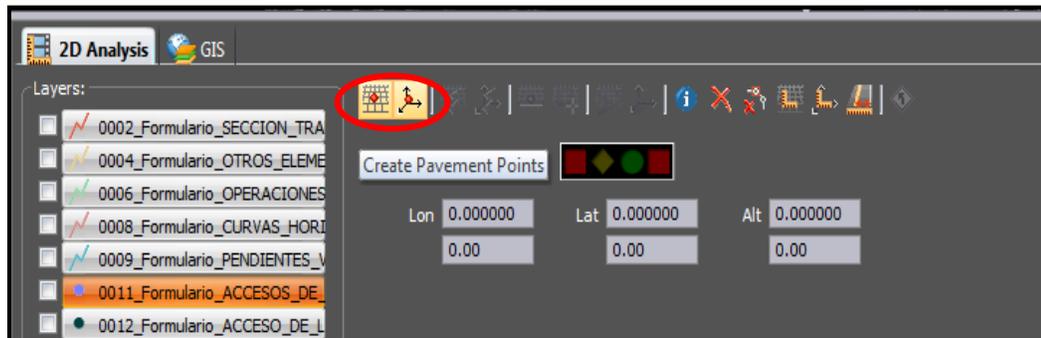
De donde se obtiene:



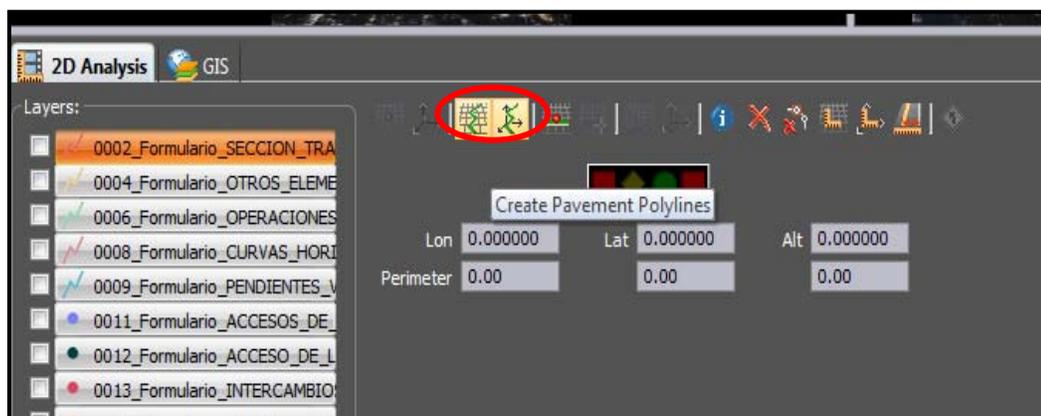
4.12 Además, se obtiene que se activa la herramienta 2D Analysis.



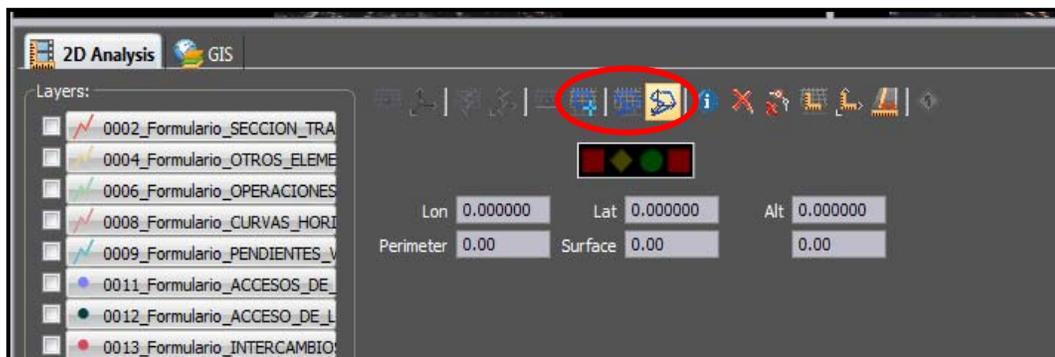
Al estar esta activa, se posibilitan además otras herramientas propias de cada tipo de capa. Así por ejemplo, si se trata de una capa PUNTO tenemos:



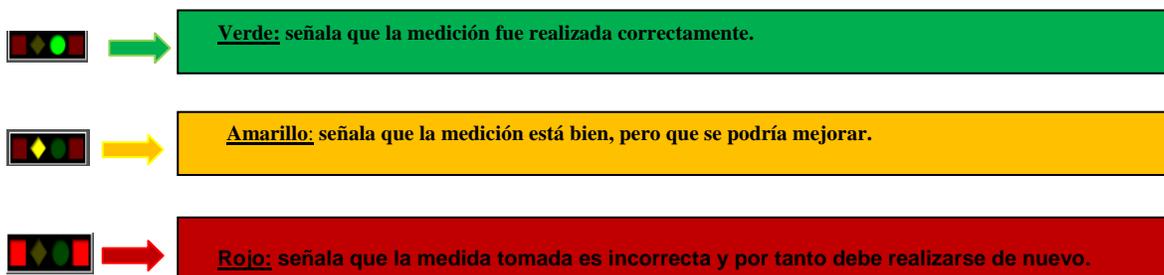
Por su parte, para LINEA se habilitan las herramientas:



y finalmente para poli línea:



Además, es importante mencionar que en esta sección para la recopilación de datos para todas las capas, hay que considerar lo siguiente:



5. Creación de la capas

Ahora, se procede a crear las capas, para efectos de software, se cuenta con tres tipos de capas:

- Punto
- Poli-línea
- Polígono

Un **punto** es un concepto primario y por tanto, uno de los entes fundamentales para el análisis geométrico, caracterizado por no poseer dimensión; tampoco tiene longitud, área ni volumen.

Se crea una capa punto, cuando se necesita analizar una característica en especial y de cómo esta influye en una determinada área de afectación. Así por ejemplo, los puentes o las intersecciones se pueden definir como un elemento puntual en la infraestructura de transporte; pero estos tienen un área de afectación amplia a considerar pues modifica la forma y distribución en la que el flujo de transporte se moviliza.

Geoméricamente, una **línea** es una sucesión de puntos trazados, esta se caracteriza por encerrar espacios y delimitar formas. Por lo general, esta es utilizada para medir distancias, anchos, longitudes, diferencias de pendientes y deflexiones, entre otros.

Finalmente, un **polígono** es una figura plana compuesta por una secuencia finita de segmentos rectos consecutivos que encierran una región en el plano. Estos segmentos son llamados lados, y al menos dos de sus lados no deben intersectarse. Los puntos donde se intersectan es conocido como vértice. Su interior es conocido como área.

Por tanto, se utiliza la capa de polígono cuando se necesita realizar un análisis sobre un área y sus respectivas características. Para un análisis de seguridad vial, esta herramienta es poco utilizada pues no interesa el impacto de un espacio reducido, sino más bien de todo el sistema en general.

En ocasiones, cuando las capas poseen varias opciones lo conveniente es utilizar un menú, para que la recopilación de la información se realice más rápidamente. Un ejemplo para el uso de un menú es la siguiente, suponga que tiene una capa llamada "Costado de la vía" y desea analizar el tipo de pendiente entonces su menú tendrá la siguiente estructura:

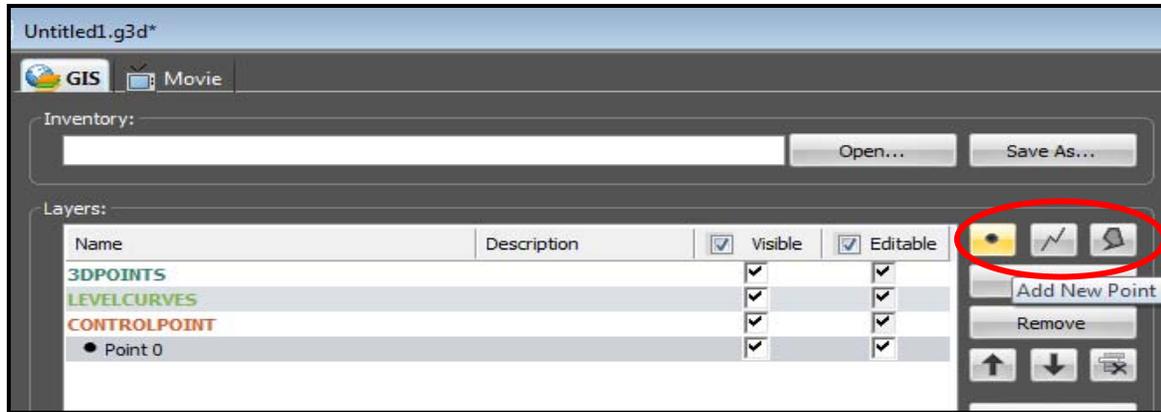
Nombre: Elementos descriptivos costado de la vía/ Pendiente costado derecho.

Código	Tipo
1	Pendiente positiva (hacia arriba)
2	Pendiente negativa (hacia abajo)
3	No aplica, barreras existentes
4	No aplica, centro de ciudad
5	Plano
99	Otro

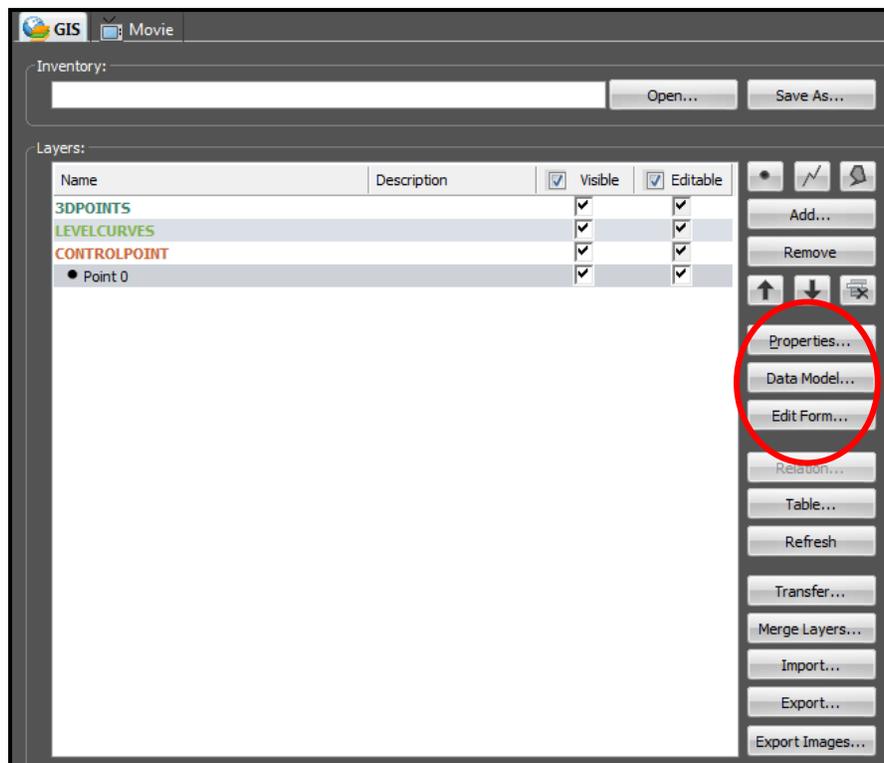
Para crear estas capas se siguen los pasos:

Primera forma:

1 En la pantalla principal, seleccionamos directamente el tipo de capa con el que deseamos trabajar ya sea: punto, poli-línea o polígono.



2 Posteriormente a esto, se le pueden dar características específicas a la capa punto con las opciones: **propiedades, data Model y Edit Form.**

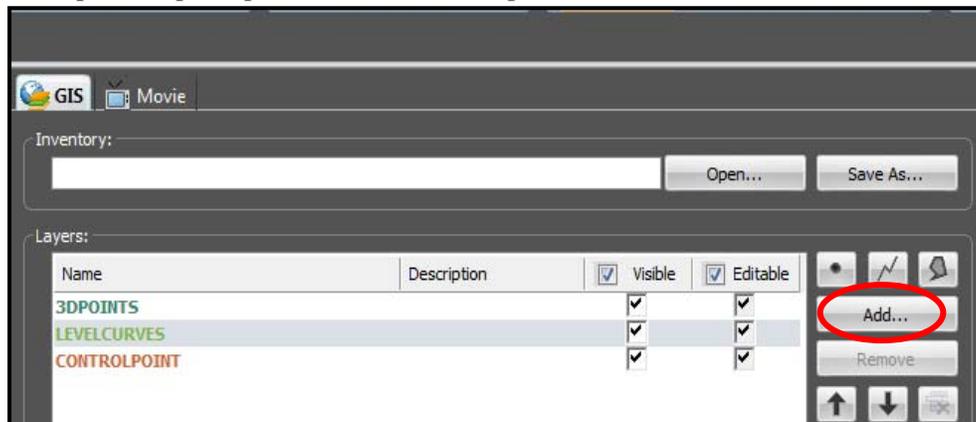


Esta es una forma sencilla de trabajar con las diferentes capas. Otra forma de trabajar estas capas es mediante el uso de un software alternativo, en nuestro caso se hará referencia a el uso de Microsoft Access es una herramienta del paquete de Microsoft utilizado para la definición y manipulación de bases de datos.

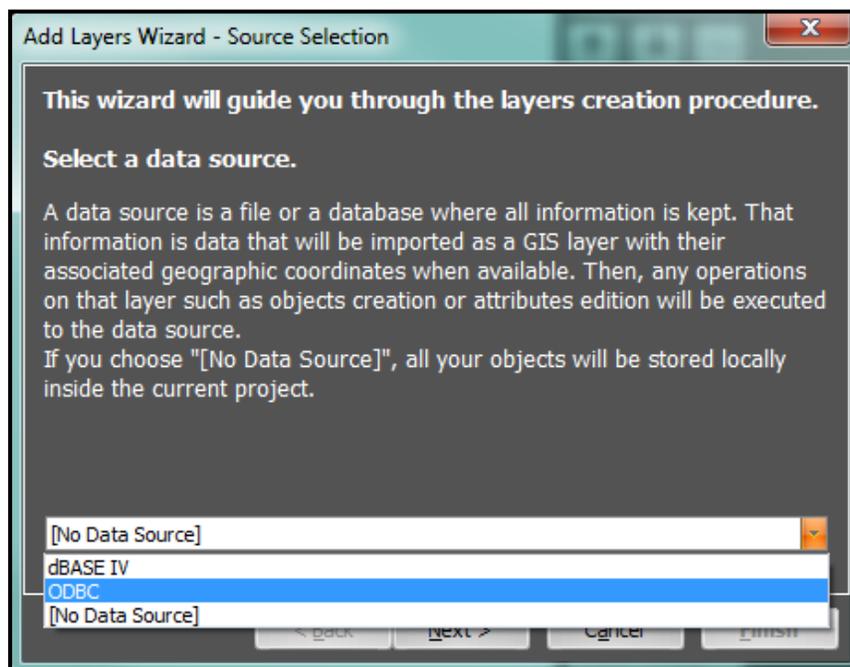
Segunda forma

Para poder ejecutar las capas con esta metodología se deben seguir los siguientes pasos:

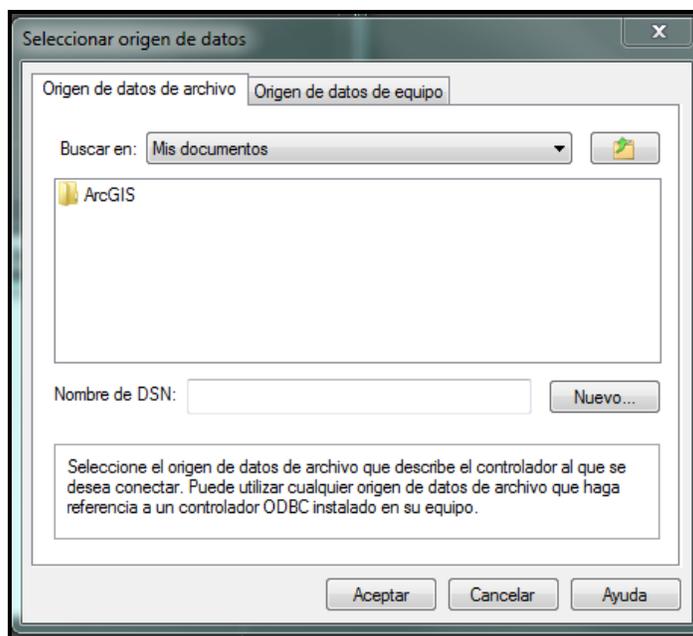
1. En la pantalla principal seleccionamos la opción **add**



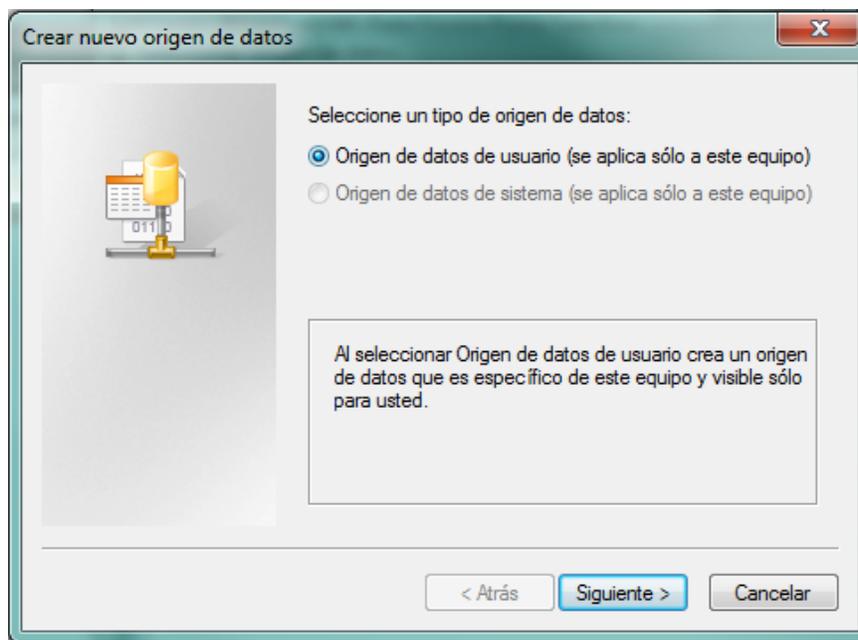
2. En la nueva ventana, seleccionamos la opción **ODBC** y posteriormente a esto **Next**.



3. Ahora, damos clic en el botón **Next** de donde obtenemos la siguiente ventana:

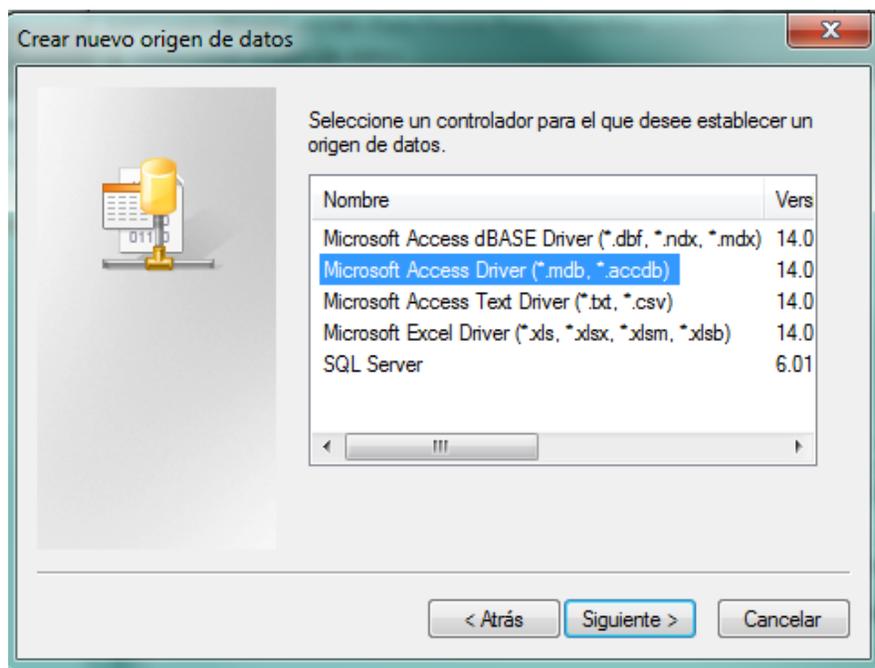


4 En dicha ventana se selecciona **Origen de datos de equipo** y posteriormente en **Nuevo**. De donde se obtiene la siguiente ventana:



5 De donde se debe seleccionar la opción **Origen de datos de usuario (se aplica solo a este equipo)**

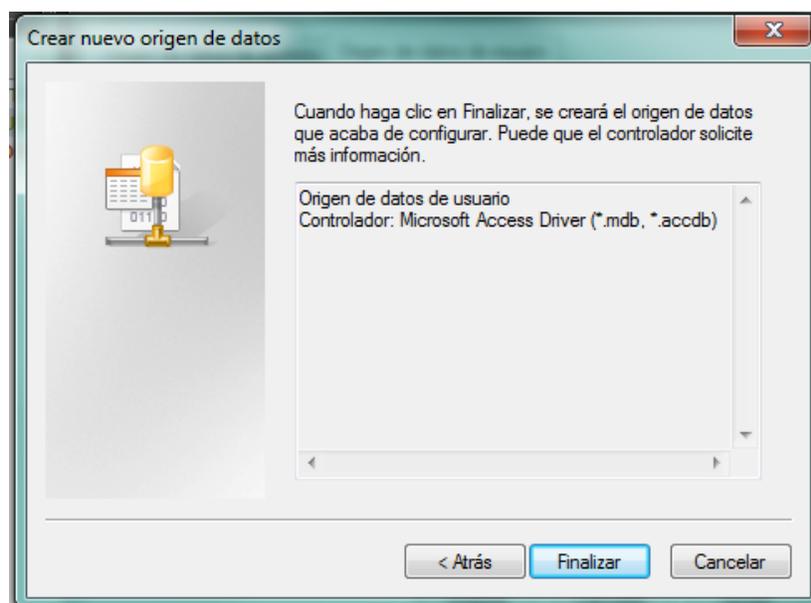
Posteriormente, se elige **siguiente**, obteniendo esta ventana:



6 De donde se debe seleccionar la opción **Microsoft Access Driver (*.mdb, *.accdb)**

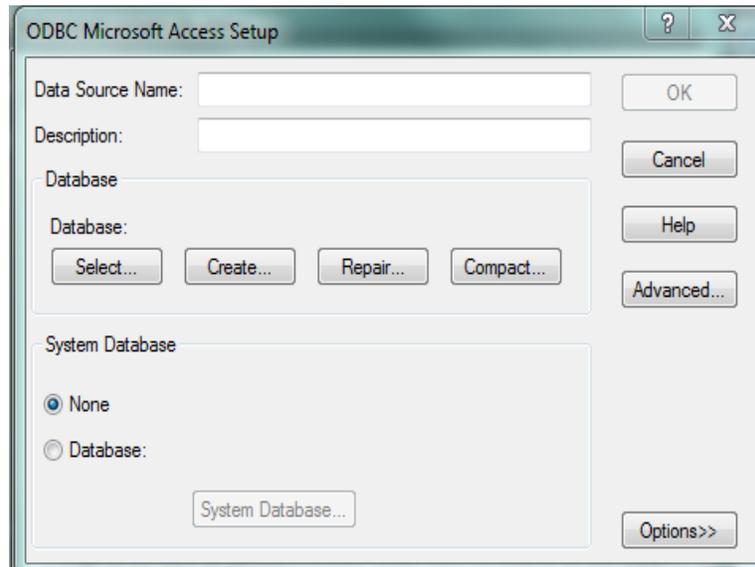
7 Posteriormente a esto la opción **Siguiente**.

De donde se obtiene el siguiente mensaje.



8 Por último, escogemos la opción **Finalizar**

De donde se obtiene, finalmente, la siguiente ventana:



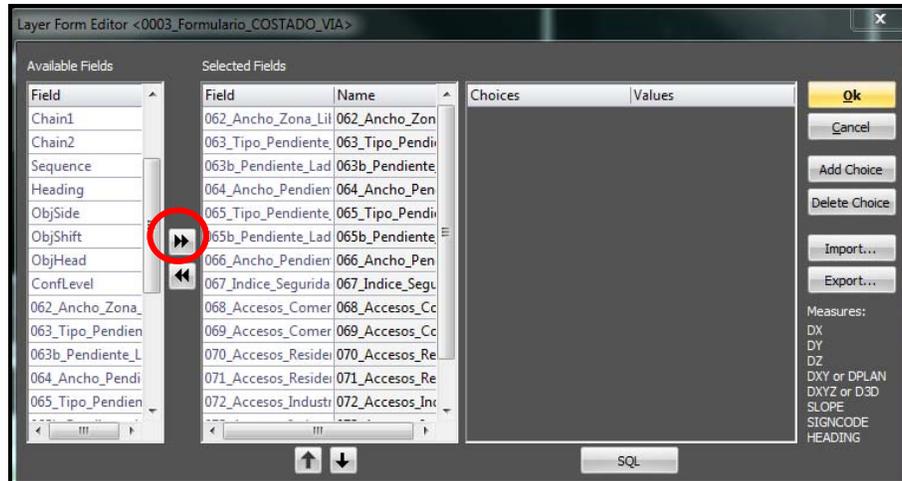
Acá es donde se le da un nombre al proyecto en la opción **Data Source Name**. A modo de ejemplo se va a llamar "Inventario SV".

Además, en la opción **Database** se selecciona **select** y se busca la base de datos de Microsoft Access con la que se va a trabajar; esto con el fin de definir posteriormente las capas en el programa.

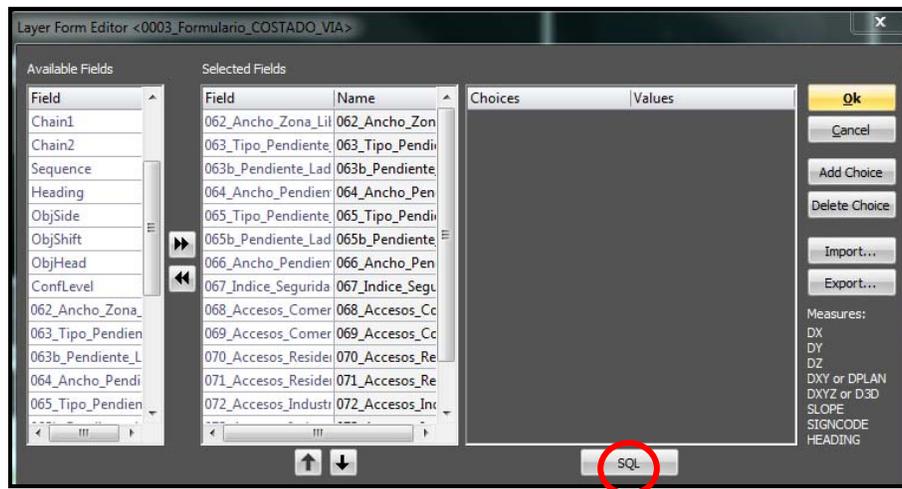
Para finalizar, en **System Database** se selecciona la opción **Database**.

Ahora, para agregar los menú en sus respectivas capas se sigue el siguiente procedimiento. Supóngase que se tiene una capa llamada "Formulario Costado de la vía" y desea agregar un menú llamado "Pendiente costado derecho." debe seguir los siguientes pasos:

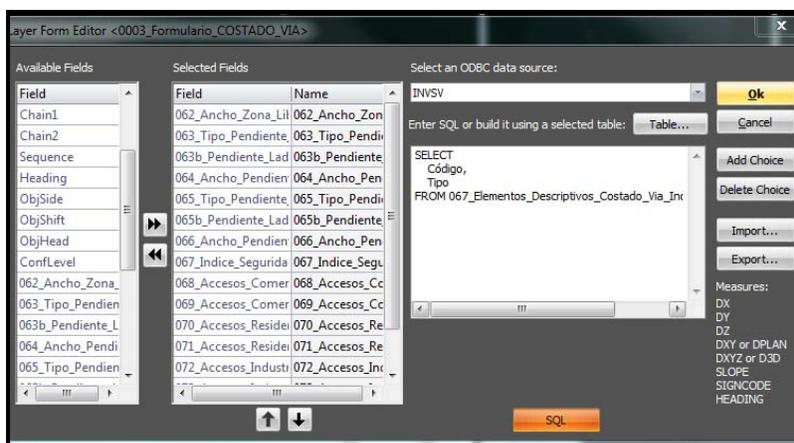
- Selecciona la capa
- Selecciona el botón **Edit Form**
- En la ventana llamada **Availbe Fields** selecciona el menú y presiona la flecha que va hacia adelante.



- Escoge el menú en la nueva ventana
- Selecciona la opción **SQL**



- En la opción **Select an ODBC data source** seleccionan el nombre de la base de datos con la que se está trabajando, en este caso se llama **INSV**.
- Posteriormente, se opta por la opción **table**
- se selecciona el menú
- y finalmente **ok**, obteniendo lo siguiente:



- Nuevamente se oprime **ok**

6. Definición de atributos de las capas mediante el uso de Microsoft Access

Paralelamente a esto, en el programa de Microsoft Access se puede ir definiendo los atributos correspondientes a cada capa, ya sea punto, poli línea o polígono.

El formato a seguir para cada capa se ilustra a continuación:

Punto

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
ID_nombre_	Autonumérico	Asset Identification number *****MANDATORY FIELD
G3D_Reserved	Número	Reserved field for Trident-3D (used to determinate the vector type) *MANDATORY FIELD
Lframe	Número	Left frame number used to create the asset *MANDATORY FIELD
Rframe	Número	Right frame number used to create the asset *MANDATORY FIELD
TC	Número	GPS (SMPTE)Time Code if available
Chain1	Número	Distance information of Chain1 box in Analyst-2D window
Chain2	Número	Distance information of Chain1 box in Analyst-2D window
Sequence	Texto	AVI file name used to create asset. Can be used to open appropriate video sequence related to an asset *MANDATORY FIELD
Heading	Número	GPS trace heading
ObjSide	Texto	Asset trace side (can be Left or Right)
ObjShift	Número	Distance of the asset as per its perpendicular trace
ObjHead	Número	Heading perpendicular - directly on the trace
ConfLevel	Número	Confidence Level of the asset position (1=Green, 2= Yellow, 3=Red) *MANDATORY FIELD
x	Número	Longitude coordinate of the created point related to the asset *MANDATORY FIELD
y	Número	Latitude coordinate of the created point related to the asset *MANDATORY FIELD
z	Número	Altitude of the created point related to the asset *MANDATORY FIELD
x1	Número	Position of the point-pixel in X axis for the Left Frame *MANDATORY FIELD
y1	Número	Position of the point-pixel in Y axis for the Left Frame *MANDATORY FIELD
x2	Número	Position of the point-pixel in X axis for the Right Frame *MANDATORY FIELD
y2	Número	Position of the point-pixel in Y axis for the Right Frame *MANDATORY FIELD
Zone	Texto	Zone of the projection used for the coordinate *MANDATORY FIELD If needs to enter zone
ClipRefLeft	Número	*MANDATORY FIELD Time information used to synchronize navigational data and cameras
ClipRefRight	Número	*MANDATORY FIELD Time information used to synchronize navigational data and cameras
Menú n	Número/Texto	Nombre del menú

Poli línea

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
IDPolyline_nombre	Autonumérico	Asset Identification number *MANDATORY FIELD
G3D_Reserved	Número	Reserved field for Trident-3D (used to determinate the vector type) *MANDATORY FIELD
Lframe	Número	Left frame number used to create the asset
Rframe	Número	Right frame number used to create the asset
TC	Número	GPS (SMPTE)Time Code if available
Chain1	Número	Distance information of Chain1 box in Analyst-2D window
Chain2	Número	Distance information of Chain2 box in Analyst-2D window
Sequence	Texto	AVI file name used to create the asset and can be used to open the appropriate video sequence related to an asset *MANDATORY FIELD
Heading	Número	GPS trace heading
ObjSide	Número	Asset trace side (can be Left or Right)
ObjShift	Número	Distance of the asset as per its perpendicular trace
ObjHead	Número	Distance of the asset as per its perpendicular trace
ConfLevel	Número	Confidence Level of the asset position (1=Green, 2= Yellow, 3=Red) it uses an average with many points
Menú1	Número/Texto	Nombre del menú
Menú2	Número/Texto	Nombre del menú
Menú3	Número/Texto	Nombre del menú
Menú "n"	Número/Texto	Nombre del menú

Polígono

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
ID_Polygon	Autonumérico	Asset Identification number *MANDATORY FIELD
G3D_Reserved	Número	Reserved field for Trident-3D (used to determinate the vector type) *MANDATORY FIELD
LFrame	Número	Left frame number used to create the asset
RFrame	Número	Right frame number used to create the asset
TC	Número	GPS (SMPTE)Time Code if available
Chain1	Número	Distance information of Chain1 box in Analyst-2D window
Chain2	Número	Distance information of Chain2 box in Analyst-2D window
Sequence	Texto	AVI file name used to create the asset and can be used to open the appropriate video sequence related to an asset *MANDATORY FIELD
Heading	Número	GPS trace heading
ObjSide	Texto	Asset trace side (can be Left or Right)
ObjShift	Número	Distance of the asset as per its perpendicular trace
ObjHead	Número	Heading perpendicular - directly on the trace
ConfLevel	Número	Confidence Level of the asset position (1=Green, 2= Yellow, 3=Red), it uses an average with many points
Menú1	Número/Texto	Nombre del menú
Menú2	Número/Texto	Nombre del menú
Menú3	Número/Texto	Nombre del menú
Menú "n"	Número/Texto	Nombre del menú



Menú

Código	Tipo
1	Opción 1
2	Opción 2
3	Opción 3
4	Opción 4
5	Opción 5
99	Opción "n"