

IAG322-07-13
INVENTARIO GEOREFERENCIADO DE LA RED VIAL ESTATAL
INVENTÁRIO GEORREFERENCIADO DA REDE VIÁRIA ESTADUAL

Pablo Martínez
Ing. Tosticarelli y Asociados S.A. Consultora
Rosario, Argentina
p.martinez@ityac.com.ar

Resumen

Este trabajo pretende transmitir los aspectos más significativos de la ejecución de un inventario en la Red Vial Estatal de la República del Ecuador, destacando las ventajas que presenta su implementación mediante una Base de Datos Geográfica o Geodatabase, para su explotación por medio de un Sistema de Información Geográfica (GIS). El Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador decidió actualizar el inventario de la red vial a su cargo, cuya longitud supera los 9.000 kilómetros, la misma que en los últimos años ha recibido una importante inversión en obras de ampliación a cuatro, seis u ocho carriles, rehabilitación y repavimentación, en muchos de sus tramos. En esta oportunidad, y constituyendo una innovación respecto a inventarios anteriores, toda la información obtenida en campo fue referenciada mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El proyecto comprendió la georeferenciación del eje de las vías de la Red Estatal, y el inventario físico y de estado de condición de las calzadas, alcantarillas, puentes y túneles. Incluyó además determinaciones del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), deformación transversal, y mediciones de fricción y textura con determinación del Índice de Fricción Internacional (IFI). Se presentan en este trabajo las metodologías y equipos empleados, algunos de los cuales, como el Equipo de Mapeo Móvil y Georeferenciador con Escáner Láser 3D, se utilizaron por primera vez en el país para estos fines.

Resumo

Este trabalho visa transmitir os aspectos mais importantes da gestão de um inventário sobre a Rede Rodoviária Estadual da República do Equador, destacando as vantagens da sua implementação utilizando uma Base de Dados Geográfica ou Geodatabase, para a exploração de um Sistema de Informação Geográfica (GIS). O Ministério dos Transportes e Obras Públicas do Equador decidiu atualizar o inventário da rede rodoviária a cargo, cujo comprimento ultrapassa 9.000 quilômetros, o mesmo que nos últimos anos recebeu um investimento significativo na reabilitação de quatro, seis ou oito pistas, reabilitação e repavimentação, em muitas de suas seções. Nesta oportunidade, e constituindo uma inovação em relação aos inventários anteriores, todas as informações obtidas no campo foi referenciado pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS). O projeto incluiu geo referenciamento eixo trato da Rede Estadual, e status do inventário físico e as condições das estradas, bueiros, pontes e túneis. Incluído também medições del Índice Internacional de Rugosidade (IRI), a deformação transversal, e as medidas de fricção e textura com a determinação do Índice de Fricção Internacional (IFI). Apresentamos neste trabalho os métodos e equipamentos utilizados, alguns dos quais, como Equipe de Mapeamento Móvel e Georreferenciador com Scanner a Laser 3D, foram utilizados pela primeira vez no país para essa finalidade.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la Red Vial Estatal de la República del Ecuador ha recibido una importante inversión en obras de ampliación a cuatro, seis u ocho carriles, como así también en obras de rehabilitación y repavimentación, en muchos de sus tramos. Por tal motivo ha resultado sumamente oportuna la decisión del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, en el sentido de actualizar el inventario de la red vial a su cargo, cuya longitud total supera los 9.000 kilómetros. El presente trabajo pretende transmitir los aspectos más significativos de la ejecución del inventario realizado, tales como: el sistema de referencia adoptado; la metodología y el equipamiento para la toma de datos; y la plataforma de almacenamiento de la información.

2. ALCANCES DEL INVENTARIO

No es el objeto del presente trabajo detallar los lineamientos clásicos que orientan y sistematizan la ejecución de un inventario vial, ya que éstos son bien conocidos y han sido tratados ampliamente en otros trabajos y en la abundante bibliografía existente sobre el tema (Mezzelani et al, 2007; Mezzelani et al, 2006; ASTM E 1166, 2000; ASTM E 1777, 1996; Haas et Hudson, 1978). Solo se refieren brevemente a continuación los aspectos que permiten definir los alcances del presente inventario.

a) El inventario realizado comprendió el levantamiento de datos en toda la Red Vial Estatal (RVE) de la República del Ecuador. La RVE está constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), conforme al Decreto Ejecutivo 053 del 15 de enero del año 2007, que establece su creación. Además, el Acuerdo Ministerial 001 del 12 de Enero del 2001 define que esta red está integrada por Corredores Arteriales (caminos de alta jerarquía funcional, que conectan a las capitales provinciales, los principales puertos marítimos, y pasos de frontera, que sirven para viajes de larga distancia, y que deben tener estándares geométricos adecuados, constituyendo la malla estratégica del país), y por Vías Colectoras (caminos de mediana jerarquía cuya función es la de recolectar el tráfico de recorridos intermedios, que llegan a través de los caminos locales, para conducirlo a las vías arteriales).

b) La red vial a inventariar fue taxativamente discretizada en cuanto a los elementos, atributos de cada elemento, e indicadores específicos a inventariar. Se realizó un inventario de alcance nacional enfocado en los siguientes elementos de la red vial y su infraestructura complementaria:

- Vías (incluyendo: calzada, bermas, drenajes, taludes, alcantarillas, intersecciones, señales verticales de velocidad máxima, señalización vertical y horizontal, defensas anti deslizamiento, defensas anti inundación, pasos deprimidos, parámetros internacionales de condición funcional de las calzadas: índice de rugosidad internacional (IRI), índice de fricción internacional (IFI), y ahuellamiento).
- Puentes.
- Túneles vehiculares y ferroviarios.
- Minas y canteras de materiales pétreos para construcción de carreteras.
- Estaciones de peaje y pesaje.
- Zonas de invasión del derecho de vía.

- Dispositivos de contención vial y vehicular.
- Servicios asociados al transporte (incluyendo: bombas de combustible, vulcanizadoras, talleres, grúas, centros de asistencia médica, bomberos, policía, ambulancia, y postes S.O.S.).
- Centros de transferencia (incluyendo: puertos, aeropuertos, terminales terrestres, nodos de acopio, y pasos de frontera).

3. SISTEMA DE REFERENCIA

Cada elemento a inventariar, y por consiguiente cada uno de sus atributos e indicadores relacionados, deben estar referenciados. Es decir que para ejecutar un inventario vial debe establecerse un determinado sistema de referencia. Existen varios sistemas de referencia posibles de utilizar. Cada uno presenta ventajas y desventajas, como así también mayores o menores dificultades para su aplicación. Pueden citarse entre otros: red de mojones o postes kilométricos; red de estaciones o puntos de referencia; sistema de abscisado o progresivado; sistema de coordenadas; y posibles combinaciones entre los sistemas anteriores, por ejemplo red de postes kilométricos y abscisado.

En esta oportunidad, y constituyendo una innovación respecto a inventarios anteriores realizados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), toda la información obtenida en campo fue referenciada mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Es decir que cada elemento, cada atributo de los distintos elementos, y los indicadores específicos correspondientes a cada elemento y atributo, quedaron referenciados mediante coordenadas globales. Se estableció la siguiente información básica con relación al sistema de referencia a emplear: proyección Universal Transversa de Mercator, zona 17 sur, datum WGS-84. En consecuencia, el trabajo realizado en este caso se denominó “Inventario Georeferenciado de la Red Vial Estatal e Infraestructura Complementaria de Transporte Intermodal”.

4. METODOLOGIA Y EQUIPAMIENTO EMPLEADOS PARA LA TOMA DE DATOS: EL SISTEMA GEOREFERENCIADOR MÓVIL CON ESCÁNER LÁSER 3D

4.1. Metodología y Equipamiento Empleados

Tampoco es el propósito de este trabajo describir en detalle todos los aspectos metodológicos aplicados para la toma de datos en campo, sino enfocar en particular la metodología empleada para la georeferenciación de los elementos, atributos e indicadores de la red vial.

Para el levantamiento de la información en campo, correspondiente a cada uno de los elementos de la red vial y su infraestructura complementaria, se recurrió a dos tipos de formularios:

- Formularios digitales: Para aquellos elementos de la RVE que se presentan en grandes cantidades (Tabla 1). Se utilizaron dispositivos tipo Tablet, que adecuadamente programados permitieron recoger la información en campo y almacenarla de forma temporal, para luego descargarla y procesarla en una computadora tipo PC.
- Formularios tipo encuesta: Para aquellos elementos de la RVE que se presentan en pocas cantidades a nivel nacional (Tabla 1).



Tabla 1: Tipos de Formularios para Toma de Datos en Campo

Formularios digitales (Tablet)	Formularios tipo encuesta
Vías (características de la calzada) Alcantarillas Defensas anti deslizamiento Defensas anti inundación Puentes Dispositivos de contención Servicios asociados al transporte	Túneles (vehiculares y ferroviarios) Minas y canteras de material pétreo Estaciones de peaje y pesaje Centros de transferencia

Para cada elemento a inventariar se elaboraron los correspondientes manuales de inventario, que describían de manera didáctica las convenciones para el registro de la información en campo, los criterios de interpretación de las variables, y los procedimientos para la toma de los datos.

Además de la toma de datos por medio de formularios, muchos de los atributos e indicadores correspondientes a los distintos elementos de la RVE fueron inventariados mediante el empleo de equipos de alta tecnología y gran rendimiento operativo para la toma de datos.

Para la georeferenciación del eje vial y de todos aquellos elementos que resultaban “visibles” para el equipo, se empleó un Sistema Georeferenciador Móvil, que se presenta en el punto 4.2. del presente trabajo. Para la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) y la medición del Ahuellamiento de las vías de la RVE se empleó un Perfilómetro Inercial compuesto por cinco (5) sensores láser y dos (2) acelerómetros (Figura 1). Para la medición del Coeficiente de Fricción y la Macrotextura de las calzadas, con vistas a la determinación del Índice de Fricción Internacional (IFI) se emplearon, respectivamente, un Medidor de Fricción tipo Fixed Slip (Figura 2), y el Perfilómetro Inercial antes citado (Figura 1).



Figura 1: Perfilómetro Inercial



Figura 2: Medidor de Fricción tipo Fixed Slip

Todos los trabajos de toma de datos en campo se organizaron metodológicamente de forma que, como producto final, pueda disponerse de información de la RVE y de su infraestructura complementaria, como máximo cada quinientos (500) metros, incluida la documentación fotográfica obtenida, que también fue georeferenciada. El trabajo de campo para levantar toda la información incluida en el inventario, se realizó entre los meses de abril y diciembre de 2012.

4.2. El Sistema Georeferenciador Móvil

Todos los datos levantados en campo, como así también toda la información producida a partir de dichos datos, debía estar georeferenciada. Otro requisito principal, también relacionado con el sistema de referencia que debía emplearse, fue la exigencia de lograr una precisión submétrica en la georeferenciación. Se optó por utilizar, por primera vez en el país para este tipo de trabajos, un Sistema Georeferenciador Móvil. Este sistema, que fue instalado en un vehículo, cuenta con los siguientes componentes principales (Figura 3):

- Un (1) Escáner Láser 3D, para la medición del entorno.
- Una (1) Antena GPS de doble frecuencia, para el posicionamiento en coordenadas globales.
- Una (1) Unidad de Movimiento Inercial (IMU), para compensar los movimientos del vehículo.
- Un (1) Medidor o Indicador de Distancias (DMI), para registrar las distancias recorridas.

Este sistema tiene la posibilidad de arrojar un conjunto de puntos georeferenciados, representativos de todo lo que visualiza a su alrededor, los mismos que luego de un post-procesamiento quedan referenciados con precisión submétrica. Complementando a este sistema, para la tarea de georeferenciación del eje vial y de todos aquellos elementos que resultaban “visibles” para el equipo, se colocaron treinta y tres (33) estaciones de referencia, distribuidas en todo el país, con la finalidad de enlazar la información obtenida por el GPS del Sistema Georeferenciador Móvil, con estaciones de coordenadas conocidas, asegurando así la precisión requerida.

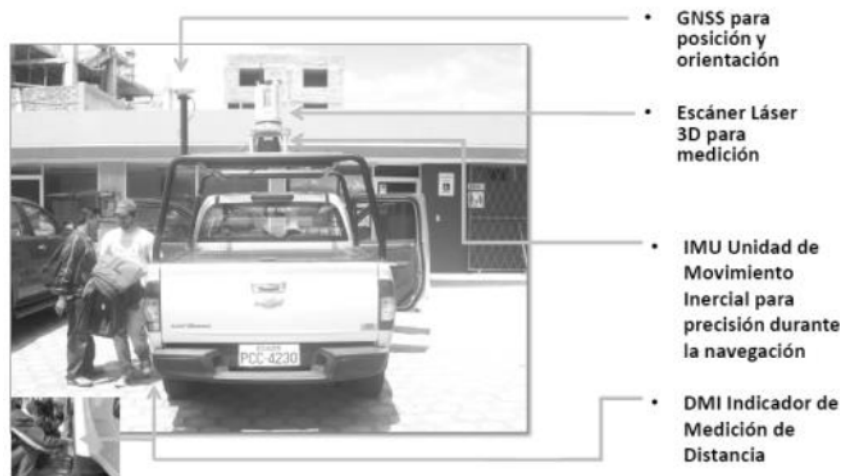


Figura 3: Sistema Georeferenciador Móvil

5. PROCESAMIENTO, ALMACENAMIENTO Y EXPLOTACION DE LOS DATOS: LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA O GEODATABASE

5.1. Conceptos Básicos. Estructura de una Geodatabase

Para el almacenamiento y explotación de datos georeferenciados, resulta adecuado el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (GIS). En el ambiente de los GIS existe una terminología técnica específica. Sin pretender un tratamiento en detalle de estos temas, se dan a continuación breves conceptos y definiciones de términos que se emplean en el presente trabajo.

Una **Geodatabase** es un contenedor que permite el almacenamiento de información geográfica o coberturas, utilizando una estructura compuesta por **Feature Data Sets**, que a su vez contienen **Feature Classes** o **Shapefiles**.

Un **Feature Data Set** o juego de datos de elementos geográficos, es una colección de **Feature Classes** que comparten la misma referencia espacial. La referencia espacial describe la proyección y la extensión del dominio espacial de un Feature Class dentro de una Geodatabase.

Un **Feature Class** o **Shapefile** es un formato vectorial de almacenamiento digital, donde se guarda la localización de los elementos geográficos y de los atributos e indicadores asociados a ellos. Es una colección de features o elementos que comparten los mismos atributos y que tienen geometría similar, es decir con la misma forma de representación espacial: hay Feature Classes o Shapefiles de puntos, de líneas, y de polígonos. Por ejemplo: los ejes de las vías de la Red Vial Estatal se representan mediante un Feature Class de líneas.

Los **Metadatos** son datos asociados a un archivo digital, que recogen información fundamentalmente descriptiva (autor, título, etc.), y que además permiten conocer el contenido, calidad, condición, y otras características de los datos. Todas las coberturas a ingresar en una Geodatabase contienen sus respectivos metadatos.

En el caso del presente inventario, mediante una aplicación o software GIS se creó una Geodatabase para almacenar toda la información generada (Figura 4).

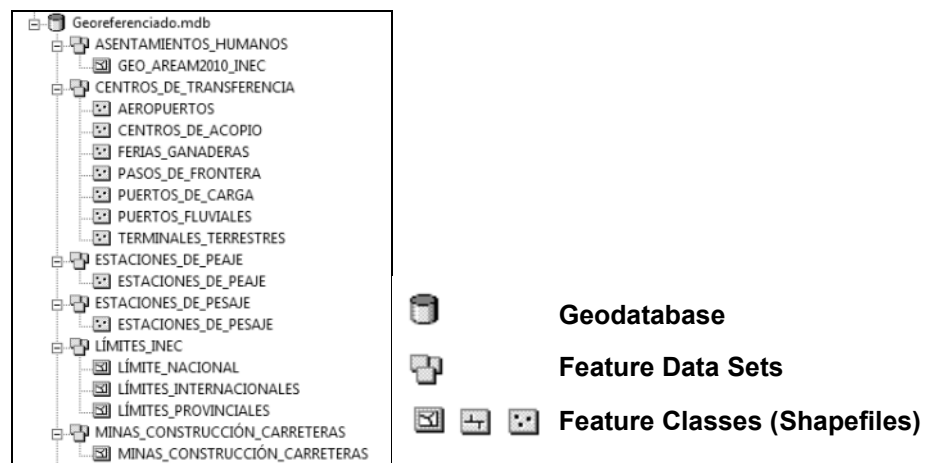


Figura 4. Estructura de la Geodatabase

5.2. Procesamiento de los Datos de Campo

5.2.1. Datos Georeferenciados Provenientes de Archivos de Texto

Todos los datos que se capturaron en campo mediante el empleo de formularios digitales, o con formularios tipo encuesta, o mediante el equipo perfilómetro inercial, o con el equipo medidor de fricción, fueron almacenados en la Geodatabase realizando el siguiente procedimiento:

Los archivos generados durante la toma de datos en campo, no son más que archivos de texto (archivos TXT), muy fáciles de importar desde una aplicación tipo Excel. Para tal fin se estructuraron bases de datos preliminares en formatos tipo Excel, conteniendo todos los campos de datos, con los mismos “nombres de campo” y “formatos de campo” que tendrán los Shapefiles de la Geodatabase. Luego se importaron los archivos de texto desde estas bases de datos preliminares en formato Excel.

Mediante una aplicación o software GIS se accede a los archivos en formato tipo Excel y se exporta la información a un Shapefile, cuyo sistema de coordenadas es el mismo que se utilizó en las antenas GPS para tomar los datos en campo. Finalmente, desde la Geodatabase se importa el Shapefile y se ingresan los Metadatos del respectivo Feature Class o Shapefile.

Todas las coberturas ingresadas en la Geodatabase contienen sus respectivos metadatos, según la normativa establecida en el Perfil Ecuatoriano de Metadatos (PEM) publicado por el Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE) en el año 2010. El PEM es un documento basado en las normas de metadatos ISO 19115:2003 e ISO 19115-2:2009 que establece las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir las instituciones públicas o privadas que generen información espacial.

Con la documentación fotográfica obtenida se generaron archivos tipo PDF. Luego en los respectivos Shapefiles se crearon campos específicos conteniendo un link a los archivos tipo PDF, de tal forma que cuando se haga un “click” sobre un determinado elemento de la red vial o punto del mapa, se abrirá automáticamente el PDF que contiene la/s fotografía/s de dicho elemento (puente, vía, centro de transferencia, etc.), además de desplegarse la información de sus atributos e indicadores contenida en la Geodatabase.

5.2.2. Datos Georeferenciados Obtenidos con el Sistema Georeferenciador Móvil

El producto de la toma de datos en campo mediante el Sistema Georeferenciador Móvil es una “nube de puntos”, representativa de todo cuanto el escáner ha podido “visualizar” durante el recorrido por las vías. Es decir que dichos puntos corresponden a los distintos elementos de la vía (bordes, señales, muros, barandas de defensa, puentes peatonales, etc.). Y lo que resulta importante destacar es que cada uno de esos millones de “puntos” tiene coordenadas globales. Es decir que están georeferenciados.

Procesamiento preliminar de la información levantada por el Escáner: Una vez que la información de campo levantada por el Sistema Georeferenciador Móvil llega a gabinete, se realiza un post-proceso preliminar con el software propio del Sistema, de tal forma que la información pueda ser accesible para visualizarla. Las coordenadas de las vías recorridas, obtenidas mediante el GPS de doble frecuencia que forma parte del Sistema Georeferenciador Móvil, se enlazan con la información de los hitos del IGM obtenida en las monografías de los puntos de control, y con las coordenadas de las estaciones de referencia. Mediante este proceso se garantiza la precisión submétrica en la información generada. Una vez que se alcanza la precisión requerida, los tramos de vías se unen con la nube de puntos, dando como resultado una nube de puntos georeferenciada, que tiene precisión submétrica. El archivo resultante puede ser visualizado mediante cualquier aplicación o software de Diseño Asistido por Computadora (CAD) que soporte nubes de puntos.

Dibujo de la Red Vial Estatal y su infraestructura complementaria: Mediante una aplicación o software CAD se procede a visualizar la nube de puntos georeferenciada, y luego se dibujan los elementos de la vía, que se prevén incluir en la Geodatabase (Figura 5). Para el dibujo de cada uno de estos elementos se definen previamente una serie de consideraciones técnicas para su estructuración cartográfica. Como ejemplo se presenta lo definido para el elemento **vía** (Tabla 2).



Figura 5: Dibujo del Eje, Bermas y Laterales de las Vías

Tabla 2: Consideraciones Técnicas para el Dibujo de los Elementos del Inventario

Elemento	Geometría	Forma de dibujo	Consideraciones especiales	Atributos	Valores de los atributos
Vías	Línea	Las vías se dibujarán como tramos de líneas continuas. Los nodos definen tramos de vías con atributos específicos. Deberá dibujarse un nodo cuando: 1. Cada 500 metros (virtuales). 2. Donde se visualice una intersección de la RVE. 3. En los cruces de la RVE con los límites de áreas urbanas. 4. Cuando se presenten cambios notables en: a. Estado de la vía b. Tipo de superficie c. Número de carriles d. Ancho de los carriles e. Velocidad máxima permitida f. Límites Provinciales	Se dibujarán los laterales de la vía y luego se obtendrá el eje central. Los atributos de la vía se enlazarán con los tramos correspondientes cada 500 metros.	Tipo de superficie	Pavimento rígido
					Pavimento flexible
					Lastre
					Empedrado
					Tierra
				Estado aparente	Adoquín
					Bueno
					Regular
					Malo
				Número de carriles	Número entero
				Ancho de carriles	Medida en metros
				Pendiente Longitudinal	Medida en %
				Pendiente transversal	Medida en %

Cuando ya se tuvo dibujado el eje vial y sus laterales bien definidos, se procedió al dibujo de las zonas de invasión del derecho de vía. Se identificaron las áreas del derecho de vía que se encontraban invadidas por alguna de las siguientes categorías (Tabla 3 y Figura 6):

Tabla 3: Categorías de Zonas de Invasión del Derecho de Vía

Categorías de Zonas de Invasión	Código
Construcciones urbanas	CU
Construcciones aisladas pequeñas	CAP
Construcciones aisladas grandes	CAG
Áreas boscosas	AB
Áreas libres de construcciones y bosques	AL
Construcciones especiales:	
Iglesias	I
Centros educativos	CE
Centros de salud	CS

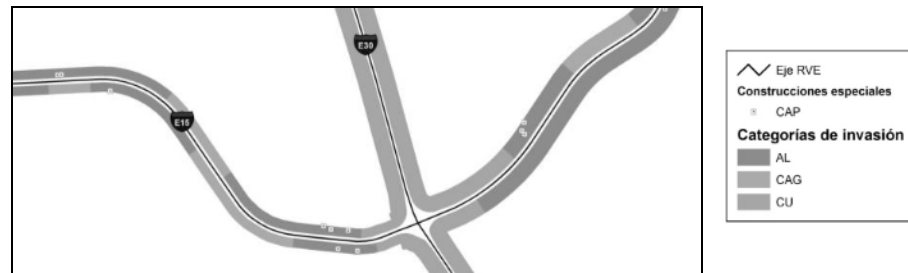


Figura 6: Dibujo de Zonas de Invasión del Derecho de Vía

Los archivos generados mediante la aplicación o software CAD, se exportaron a una aplicación o software GIS, para ser convertidos en Shapefiles. Una vez realizado este proceso, se utilizaron las herramientas propias del software GIS para realizar los cortes en los tramos viales, utilizando los nodos (reales y virtuales) generados mediante el software CAD.

5.3. Integración de los Datos en la Geodatabase

Finalmente y también con el software GIS, se enlazaron a los tramos correspondientes del eje vial, los atributos de cada nodo, tanto los capturados con el Escanér Láser 3D como los obtenidos mediante los formularios digitales, los formularios tipo encuesta, con el perfilómetro inercial, y con el medidor de fricción, generándose la base de datos espacial y alfanumérica del inventario.

Luego de este procesamiento, los atributos e indicadores definitivos, asociados a cada tramo de quinientos (500) metros de la Red Vial Estatal, son los siguientes: código de la vía; nombre de la carretera; nombre del tramo; clase de vía; superficie de rodadura; estado operativo; número de carriles; deterioros: baches, fisuras (longitudinales, transversales, piel de cocodrilo) y deformaciones; señalización horizontal y vertical; canalizaciones de agua lluvia, canales de riego y torrenteras; tipo y estado de las bermas; tipo y estado de cunetas izquierda y derecha; tipo, material y estado de taludes izquierdo y derecho; Índice de Rugosidad Internacional, IRI (m/km); Índice de Fricción Internacional, IFI; y Ahuellamiento (mm).

6. CONSIDERACIONES FINALES

Se ha ejecutado un Inventario Georeferenciado de Red Vial Estatal y su Infraestructura Complementaria, almacenándose los datos generados en una Base de Datos Geográfica o Geodatabase, en la que se han incluido coberturas georeferenciadas de: 9.360 kilómetros de vías; más de 27.000 alcantarillas; más de 29.000 bajantes; 1.100 puentes; 10 túneles vehiculares; 17 túneles ferroviarios; 67 minas y canteras de materiales pétreos; 31 estaciones de peaje; 11 estaciones de pesaje; más de 8.900 dispositivos de contención vial y vehicular; más de 2.900 servicios asociados al transporte; y 180 centros de transferencia.

En virtud de las características que debía reunir este inventario, se decidió efectuar la georeferenciación de los elementos de la Red Vial Estatal mediante un Sistema Georeferenciador Móvil, que permitió levantar con la precisión submétrica requerida, una gran cantidad de datos de la RVE que no hubieran sido posibles obtener en el mismo tiempo de trabajo, con otras metodologías de georeferenciamiento.

Mediante aplicaciones o software GIS se puede leer la Geodatabase y desplegar información geográfica, editar datos, generar estadísticas y diseñar mapas para impresión. Los alcances de la explotación de datos y análisis posibles de efectuar son realmente ilimitados. Entre las aplicaciones inmediatas que ha tenido el Inventario Georeferenciado merecen citarse:

Subtramificación de la Red Vial Estatal: Mediante un trabajo conjunto con el personal técnico del MTOP, se realizó un análisis de los criterios técnicos más apropiados para la subtramificación de la RVE, adoptándose los siguientes: intersecciones entre vías de la propia RVE, límites provinciales, límites nacionales, inicios y finales de los tramos de vías, y las grandes ciudades.

Abscisado de la Red Vial Estatal: Utilizando como insumo el eje vial georeferenciado, se realizó el abscisado de la red vial, “demarcando” la misma cada kilómetro.

Elaboración de Atlas Geográficos: Se diseñaron e imprimieron atlas a todo color de los principales elementos inventariados. Se consideró la división según las zonas de planificación que maneja la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).

Integración a la Geodatabase de información proveniente de otros estudios realizados por el MTOP: Se integró el tráfico vehicular a los subtramos de la red vial definidos por las intersecciones de los ejes viales, incluyendo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) medido en los puntos de monitoreo. También se integró la demanda de transporte terrestre de pasajeros, considerando el número de viajes que se realizan entre las principales ciudades del Ecuador, reportados en matrices de origen y destino elaboradas por el MTOP.

Incorporación de información a otros Sistemas Institucionales de Gestión: Estableciendo una adecuada codificación común para los subtramos en que se dividió la Red Vial Estatal, fue posible incorporar la información del Inventario Georeferenciado en el Sistema Integrado de Transporte y Obras Públicas (SITOP), que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) emplea para la gestión de los proyectos y concesiones viales.

AGRADECIMIENTOS

La realización en tiempo y forma del Inventario Georeferenciado de la Red Vial Estatal, ha sido posible gracias al trabajo de un amplio equipo de profesionales de la Ingeniería Civil y de la Ingeniería Geográfica, y al importante apoyo brindado por los funcionarios del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y sus Direcciones Provinciales.

REFERENCIAS

Mezzelani, G., Martínez, P., Muzzulini, J., Lara, R., Lima, G. Auscultación e inventario de la red vial nacional urbana e interurbana de la República de El Salvador. XIV CILA, Cuba, 2007.

Mezzelani, G., Martínez, P., Muzzulini, J. Inventario vial automatizado y evaluación de estado empleando un equipo multifunción. XXXIV Reunión del Asfalto, Argentina, 2006.

E 1166-00. Standard Guide for Network Level Pavement Management. ASTM, 2000.

E 1777-96. Standard Guide for Prioritization of Data Needs for Pavement Management. ASTM, 1996.

Haas, R., Hudson, R. Pavement Management Systems, 1978.