

GEORREFERENCIACIÓN Y SEGMENTACIÓN DINÁMICA

DE LA RED VIAL DE CHILE

INTRODUCCIÓN

La Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile, tiene la misión de planificar y desarrollar la infraestructura vial del país. En este sentido, dentro de las actividades que desarrolla está la de mantener inventarios de la infraestructura instalada en forma permanente, existiendo en la actualidad bases de datos con la caracterización y ubicación de un porcentaje importante de información de infraestructura vial, a partir de la cual se definen las estrategias de inversión en este sector.

En este contexto, este Ministerio, a través de su Departamento de Cartografía y SIG, dependiente de la Dirección de Vialidad, contrató a partir de una licitación pública, los servicios de la consultora **EPTISA Chile Ltda.**, para llevar a cabo el proyecto “Levantamiento de Información Referente a la Red Vial Nacional (Infraestructura, Medio Ambiente y Riesgos Naturales)”, con el objeto de ser incorporados al Sistema de Información Geográfica ArcView 8.2 de la familia de ArcGIS de ESRI y su estructura geográfica en base a un Modelo de Segmentación Dinámica.

El objetivo fundamental del estudio fue generar e incorporar información para apoyar la planificación y el desarrollo de la infraestructura vial, incluyendo antecedentes de construcción, mantenimiento, explotación, seguridad vial, gestión de pavimentos, puentes y túneles, así como también incorporar, antecedentes de áreas ambientalmente protegidas y sectores de ocurrencia de riesgos naturales, con la finalidad de actualizar y levantar información que caracterice adecuadamente la red vial.

Este proyecto consideró el levantamiento, con tecnología GPS, de 46.000 Km. de caminos públicos, administrados por el organismo mandante y su infraestructura asociada, el cual abarcó nueve de las trece regiones del país. Además consideró la generación, actualización y normalización de coberturas de todas aquellas áreas ambientalmente protegidas, mantenidas por diferentes órganos gubernamentales, y sectores de ocurrencia de riesgos naturales, para todas las regiones del país.



DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del levantamiento de información en “terreno”, consideró la implementación de dos etapas: el Método de Densificación de la Red Geodésica de Apoyo y el Método de Levantamiento GPS Cinemático de la información asociada a la Red Vial Nacional.

El Método de Densificación de la Red Geodésica de Apoyo (RGA) consistió en crear un sistema de control primario el cual estuvo referido al Datum WGS84, debido a la excelente calidad de las Redes Geodésicas en este sistema con que cuenta Chile. Por su parte, el Método de Levantamiento GPS Cinemático de la Red Vial (LGCRV) consistió en la medición continua de los elementos puntuales y lineales a georreferenciar, el cual proporciona las coordenadas de cada elemento en un proceso de datos realizado después de la medición en terreno.

El presente texto detalla ciertos antecedentes de la metodología utilizada en la segunda etapa del levantamiento (LGV) en terreno y se centra en el desarrollo metodológico aplicado en gabinete para el procesamiento de los datos capturados en terreno y su posterior manipulación, utilizando para ello el software SIG ArcView 8.2.

1. Levantamiento en Terreno

El equipamiento utilizado para realizar el levantamiento de información correspondió a receptores GPS geodésicos de doble frecuencia y frecuencia simple, además de libretas colectoras de datos y pistolas láser.

En el caso del levantamiento RGA, la medición se realizó empleando el método GPS Diferencial Estático con Postprocesamiento; el levantamiento LGCRV utilizó el método Diferencial Cinemático, que corresponde a aquél en que se realizan mediciones GPS en forma móvil, sin detenimiento del operador, sobre el trazado del camino a georreferenciar.

La información levantada en terreno relacionada con las características físicas de la vialidad fueron: el número de pistas, el tipo de carpeta, el estado y ancho de las calzadas; mientras que en el caso de las bermas, se levantó el tipo de carpeta y estado de las mismas.

El levantamiento contempló la georreferenciación de la infraestructura vial asociada a los caminos, tales como: Ciclovías, Intersecciones, Pasarelas, Pasos Inferiores y Superiores, Plazas de Peaje y Pesaje, Puentes, Señalética, Túneles, Cruces Ferroviarios, Defensas Camineras, Zonas de Derrumbe, Delineadores y Singularidades (obras de arte transversales, líneas de postación, equipamiento, muros de contención, balseo, áreas de recreación, áreas de estacionamiento, estaciones de servicio, grifos, pasos fronterizos, control de altura, cruces de tendido eléctrico y teléfonos de emergencia); en cada uno de ellos se levantó información asociada a las características físicas y de operación de cada elemento considerado.



Se contempló además en el levantamiento, información relacionada con las Áreas Ambientalmente Protegidas, localizadas en un área de influencia definida para este proyecto, tales como: Sitios Arqueológicos, Monumentos Históricos y Zonas Típicas y Pintorescas, de todas las regiones del país.

2. Trabajo en Gabinete

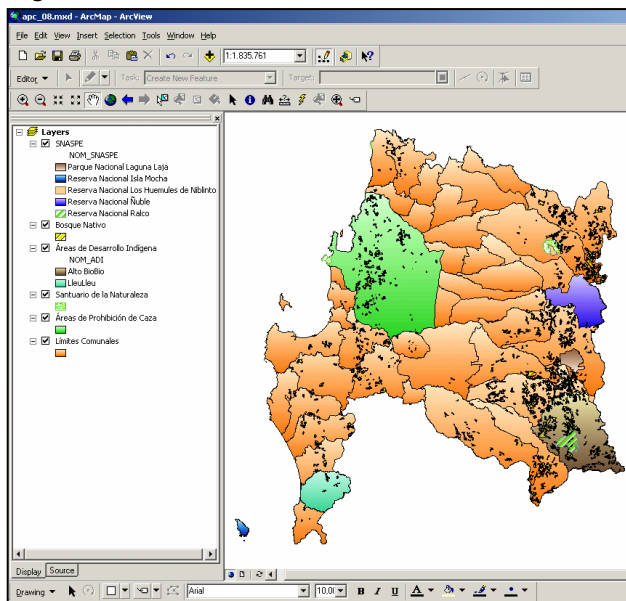
El desarrollo metodológico implementado en gabinete consideró el postprocesamiento de los datos provenientes del levantamiento en terreno y su posterior incorporación al ArcView 8.2 de ESRI. La primera etapa del trabajo en gabinete correspondió al procesamiento de los datos obtenidos en terreno, tanto de caminos como de su infraestructura. Esta se realizó con software de procesamiento de datos GPS, adecuados para el tratamiento de la información capturada por los equipos móviles. Estos software permitieron además la exportación de los archivos procesados al SIG, compatibles directamente con ArcView, por lo que la visualización gráfica de los elementos levantados fue casi inmediata.

Luego del postprocesamiento de los datos, se llevó a cabo la segunda etapa del trabajo de gabinete, que consistió en la construcción de la Base de Datos Geográfica del proyecto con estructura de Segmentación Dinámica.

Como primera actividad y a partir de una extensa recopilación de antecedentes, se procedió a realizar un trabajo tradicional de generación de cartografía digital para los niveles de información relacionados con las Áreas de Protección y Conservación.

➤ Áreas Protegidas y de Conservación

Figura N°1



En el caso de las Áreas de Protección y Conservación, se generó cartografía digital en base a Decretos de Ley, conversión de formatos, depuración y estandarización de las bases de datos geográficas existentes, entre otras. Las coberturas generadas correspondieron a: Monumentos Arqueológicos, Santuarios de la Naturaleza, Monumentos Históricos, Zonas Típicas y Pintorescas, Zonas de Protección Turística, Áreas de Prohibición de Caza, Sitios Prioritarios, Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Catastro del Bosque Nativo, Áreas de Desarrollo Indígena y Humedales, de las 13 regiones del país.



La Figura anterior (Nº1) muestra el despliegue correspondiente a algunas de las Áreas Protegidas y de Conservación que generó EPTISA en gabinete y aquellas existentes en algunos organismos del Estado, la que fueron normalizadas e incorporadas al SIG del proyecto.

Destacan en la imagen, el SNASPE (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado), Bosque Nativo, Áreas de Desarrollo Indígena, Santuarios de la Naturaleza y Áreas de Prohibición de Caza, correspondientes a la VIII Región del Bío Bío.

➤ Generación de Ejes Kilometrados

Para poder generar los ejes, a partir del archivo de salida en formato ASCII generado por el GPS, EPTISA desarrolló una aplicación denominada “*Generación de Ejes KM*”, la cual se ejecuta sobre ArcView 3.2 y opera sobre el archivo de coordenadas y datos adicionales generado por el GPS.

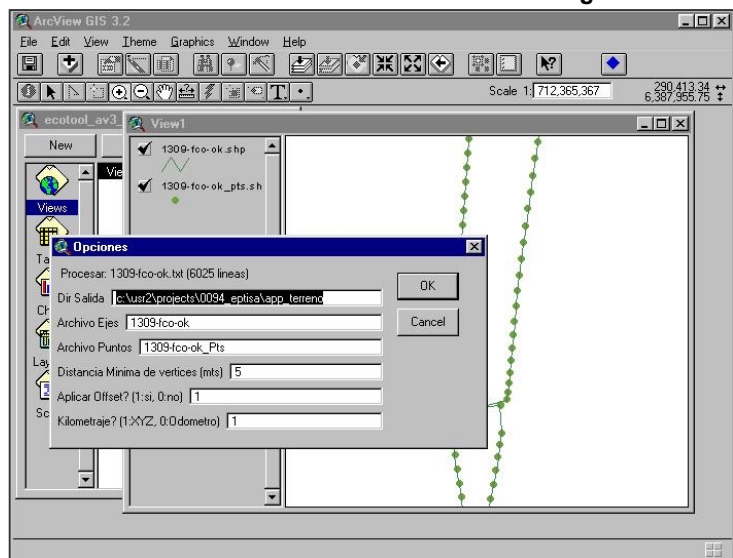
Con esta aplicación, se generaron ejes kilométrados, en formato Shape File PolylineM, los que enseguida debieron ser revisados, depurados y corregidos en gabinete. Con este proceso se obtuvo la geometría y el sistema de medición de los caminos. Todo el trabajo de edición se desarrolló bajo ambiente ArcView 8.2. Los operadores SIG a cargo, utilizaron las herramientas nativas de ArcMap para edición de Shape Files, además de un conjunto de herramientas especialmente construidas, por EPTISA, para la depuración y corrección de ejes de caminos kilométrados, agrupados en una barra de herramientas denominada “*Edición de Ejes*”.

Entre las labores típicas de edición de arcos, destacan: eliminación de información duplicada, conectividad, detección de pérdidas de señal del GPS, corrección de kilometrajes, etc. El resultado de este proceso fue un Shape File de arcos kilométrados, con tipo PolylineM. Como base de referencia cartográfica, se utilizó siempre la cartografía oficial de la Dirección de Vialidad del MOP.

La Figura Nº3 muestra la aplicación “*Generación de Ejes KM*”, que realiza la conversión de datos GPS a Shape File de PolylineM.

Esta aplicación también genera un Shape File auxiliar de puntos con la información contenida en el archivo de entrada para cada vértice, lo que sirvió de ayuda para la revisión y corrección de los arcos y sus kilometrajes en la siguiente etapa de edición.

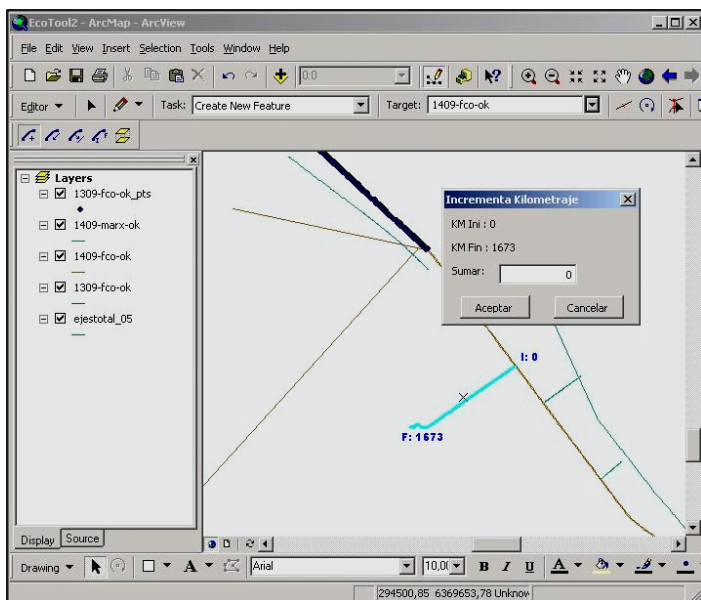
Figura Nº3



Posteriormente, se realizó la edición de los ejes ya convertidos, donde el operador SIG, debió revisar, corregir, asignar el ROL correspondiente (identificador oficial del camino) y procesar los arcos de ejes de caminos de tal modo de prepararlos para la entrega final de cada región. Para ello trabajó sobre Shape File parciales, provenientes de un archivo GPS respectivo, y luego agregó este archivo al Shape File de ejes total de la región, procesando nuevamente las conexiones geográficas, intersecciones y cualquier otra condición importante para la conformación final de la cada una de las redes regionales. Toda la operación se realizó bajo ambiente ArcView 8.2, software que provee las herramientas necesarias para la edición gráfica y alfanumérica de los archivos Shape Files kilometrados.

Por otro lado es importante destacar que la aplicación de “Edición de Ejes”, presenta diversas opciones de edición, las que permiten llevar a cabo funciones tales como: sumar kilometraje, invertir sentido de los ejes, recalibrar kilometraje y desplegar inicio y fin de los arcos. La siguiente figura (Nº4) corresponde a la aplicación recién mencionada.

Figura Nº4



Al final de esta edición, habiendo procesado todos los archivos de levantamiento y corregido las formas, duplicidad, omisiones, extensiones, intersecciones, atributos y otras mejoras requeridas, se dispone de un Shape File que contiene todos los arcos de caminos levantados en la región debidamente kilometrados, unidos en las intersecciones (con KM interpolado) y con el ROL debidamente asignado.

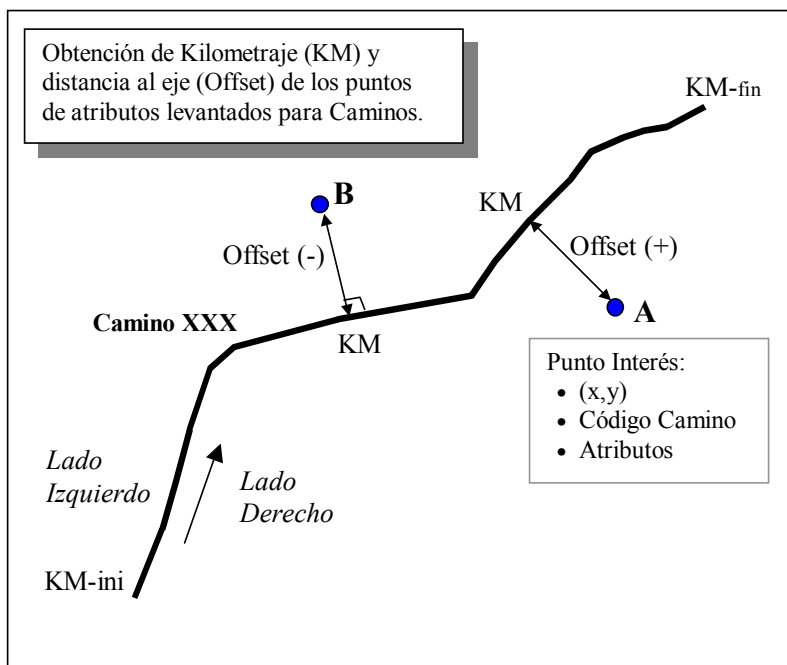


➤ Generación de Tablas de Eventos

Este proceso consistió en el desarrollo de tres grandes etapas:

- Asignación de kilometraje y distancia al eje de los Puntos de Eventos levantados en terreno.
- Conversión de los Puntos de Eventos a las Tablas de Eventos respectivas.
- Asignaciones o cálculos masivos sobre algunos campos.

La separación de puntos, interpretación de eventos lineales, y generación de las tablas de eventos definitivas se realizó en gabinete de modo automatizado. Los eventos puntuales se determinaron a partir de un punto respectivo por evento, mientras que los eventos lineales se determinaron por dos puntos por evento, uno de inicio y otro de fin, debidamente asociados en terreno. La asignación de Kilometraje y Offset (distancia al eje) se realizó en gabinete a través de un proceso automatizado, el cual consideró la



proyección del punto al arco del camino al que está asociado. El signo del Offset, + o -, determinó el Lado del camino en el cual se ubicaba un evento, según el sentido ascendente del kilometraje. Finalmente '+' indica lado derecho y '-' el lado izquierdo.

La salida de este proceso corresponde al conjunto de Tablas de Eventos normalizadas, en formato Dbase, las cuales registran a todos los elementos de infraestructura vial levantados en terreno.

Para apoyo al desarrollo de esta actividad se generó una aplicación denominada "Generación de Eventos", la cual procesó de manera automática los puntos GPS y sus atributos levantados en terreno convirtiéndolos en el conjunto de tablas de eventos respectivas requeridas en el modelo de segmentación dinámica a entregar.

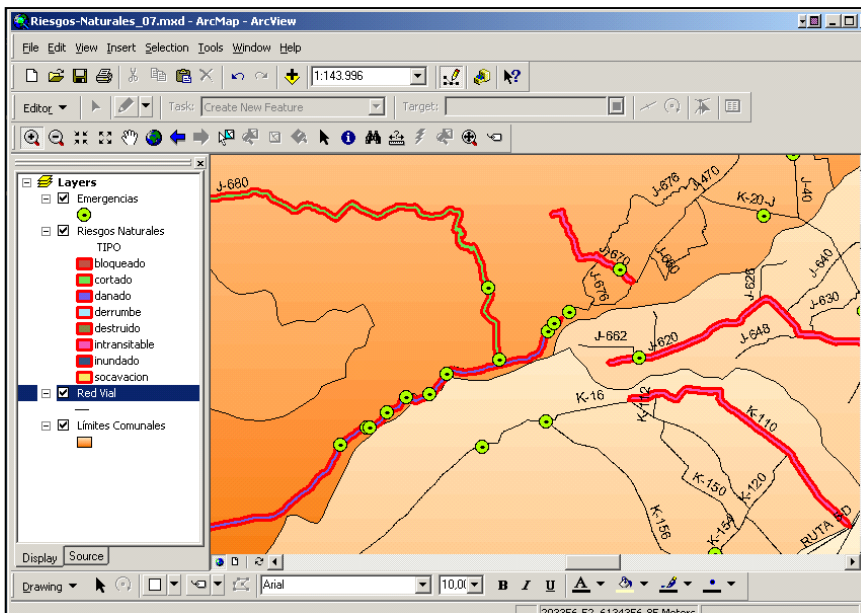


➤ Sectores de Ocurrencia de Riesgos Naturales

Los antecedentes relacionados con la Ocurrencia de Riesgos Naturales, se originaron a partir del levantamiento en terreno y de la información proporcionada por la Unidad Técnica de Prevención y Emergencias del MOP, generándose temas en formato Shape File para cada una de las regiones del país.

A partir de la información de kilometraje contenida en los catastros de la Unidad Técnica y de Emergencias del MOP, se generaron eventos de tipo lineal y puntual, que permitieron ubicar sobre la Red Vial los antecedentes de Riesgos Naturales ocurridos en la vialidad existente.

Figura N°2



La Figura N°2 muestra el despliegue de estos datos en un sector de la VII Región del Maule.

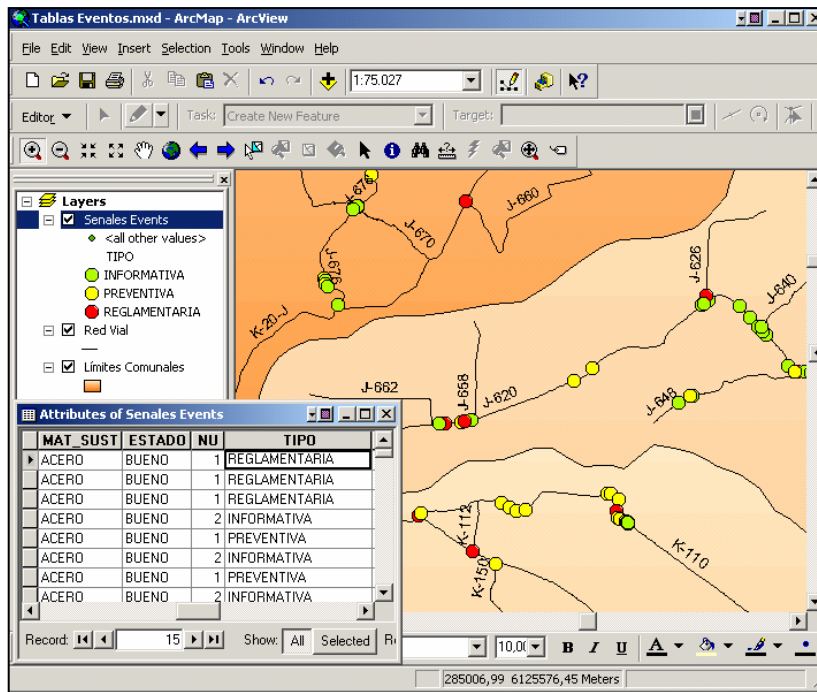
3. Productos Obtenidos

La Base de Datos Geográfica que se generó durante el desarrollo del proyecto está compuesta por coberturas en formato Shape File que corresponden a la Red Vial, Áreas Protegidas y de Conservación, y la localización de ocurrencia de Riesgos Naturales. Por otra parte, se generaron Tablas de Eventos en formato DBF correspondientes a los atributos de los ejes y su infraestructura asociada.

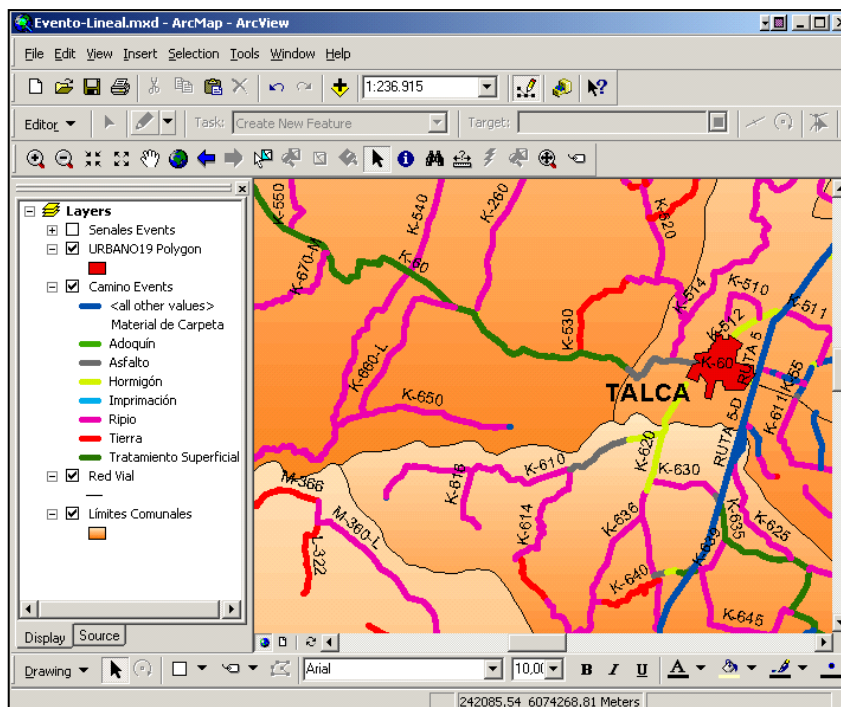
Utilizando las herramientas disponibles en ArcView 8.2, a través del menú *Add Route Events*, se pueden generar mapas temáticos con la información contenida en las respectivas Tablas de Eventos ya sean estas de tipo Puntual o Lineal. Las siguientes figuras muestran el tipo de despliegue resultante para este proyecto.



▪ **Evento Puntual: Señalética, Sector de la VII Región del Maule**



▪ **Evento Lineal: Material de Carpeta, Sector de la VII Región del Maule**



CONCLUSIONES

El levantamiento de la Red Vial y su Infraestructura, consideró el catastro de los aspectos geométricos y físicos de la vialidad; en el primer caso se midió la geometría del camino a través de los recorridos realizados en ellos con los instrumentos GPS; y en el caso de las características físicas destacan el número de pistas, tipo de carpeta, estado y ancho de las calzadas y bermas. La infraestructura vial georreferenciada consideró: Ciclovías, Intersecciones, Pasarelas, Pasos Inferiores y Superiores, Plazas de Peaje y Pesaje, Puentes, Señalética, Túneles, Cruces Ferroviarios, Defensas Camineras, Zonas de Derrumbe y Singularidades (obras de arte transversales, líneas de postación, equipamiento, muros de contención, balseo, entre otros).

La importancia de implementar una estructura de Segmentación Dinámica en plataforma ESRI, es la de manejar y representar de manera automática diferentes atributos sobre un elemento lineal, sin la necesidad de crear divisiones físicas en los arcos correspondientes.

Este tipo metodología, implementadas en organismos como el Ministerio de Obras Públicas, quien es el principal responsable de administrar, mantener y conservar la Red Vial Nacional de Chile, permite apoyar las labores de planificación y gestión de la Infraestructura Vial del país. Esta estructura implica que la actualización e incorporación de nuevos antecedentes asociados a la red vial se realice en un tiempo menor, lo que se traduce en una importante liberación de recursos al interior del Ministerio.

La diversidad de información incorporada en la Base de Datos Geográfica, entrega una visión más amplia de la dinámica territorial, entendiendo ésta como una integración de diversas variables, esto es, ambientales, de transporte, de riesgos naturales, las que complementadas con otras variables como actividades económicas, población etc., en conjunto sirven de herramienta en los procesos de toma de decisiones, principalmente, en lo que actualmente se refiere al Ordenamiento Territorial, optimizando las decisiones de Inversión Pública.

