

## Extracción y aprovechamiento de la información geográfica puntual de un catálogo visual de carreteras

*Fco. Alberto Varela García<sup>(1)</sup>, Juan Ignacio Varela García<sup>(2)</sup>, Sabela Lorenzo Tarrío<sup>(3)</sup> y Manuel Borobio Sanchiz<sup>(4)</sup>*

<sup>(1)</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor de la Universidade da Coruña y coordinador del CartoLab (avarela@udc.es)

<sup>(2)</sup> Ingeniero Técnico de Informática. Técnico del CartoLab (cartolab@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Técnico del CartoLab

<sup>(4)</sup> Arquitecto. Profesor de la Universidade da Coruña.

### RESUMEN

*La recogida masiva de información sobre carreteras usando diversas tecnologías (GPS, fotografías, gravitógrafo, etc.) genera gran cantidad de datos que no siempre se consigue aprovechar debidamente. El CATVIS es un catálogo visual de carreteras con datos puntuales cada 10 metros almacenados en una compleja y extensa base de datos alfanumérica. En el Laboratorio CartoLab de la Universidade da Coruña, se ha desarrollado el software XAEL (Xerador Avanzado de Entidades Lineais), usando GeoTools, que permite extraer información de la base de datos del CATVIS y trasformarla en capas de información geográfica con determinadas características, mejorando con este procesamiento muchos aspectos de los datos y permitiendo su visualización óptima en programas SIG. Esta aplicación fue usada para la elaboración del Plan Xeral de Carreteras de la Xunta de Galicia en 2007.*

**Palabras clave:** *Carreteras, datos puntuales, tramificación*

### ABSTRACT

*Massive collection of data about roads got from diverse technologies (GPS, photographs, etc.) generates great quantity of information. It is not easy take the maximum advantage of huge amounts of data. The CATVIS is a visual catalogue of roads that store punctual information every 10 meters in a complex and extensive alphanumeric database. In the Laboratory CartoLab of "Universidade da Coruña", there has developed the software XAEL (Advanced Generator of Lineal Entities), using GeoTools, which allows to extract information of the CATVIS database and transform it in geographical information layers with certain characteristics. Many aspects of the information is improving with this processing and allows a better visualization in GIS programs. This application was used to elaborate the "General Plan of Roads of the Autonomous government of Galicia" in 2007.*

**Key words:** Roads, punctual information, road attributes

## 1. Introducción

Cada vez es más notoria la importancia de contar con información precisa y de calidad como base en la toma de decisiones acerca de infraestructuras territoriales de una determinada región. En los últimos años, las administraciones públicas con competencias en la gestión de carreteras han empezado a invertir parte de sus recursos (aún cantidades muy pequeñas en relación con las cifras que manejan estos departamentos) en estudios y análisis de las características de la red viaria, así como en herramientas para trabajar adecuadamente con los datos obtenidos. Sin embargo, en el ámbito de la ingeniería civil no se ha apostado suficientemente por el uso de las nuevas tecnologías de información geográfica como medio indispensable para almacenar, analizar y gestionar los datos de las infraestructuras territoriales, especialmente en el caso de las carreteras. Por ese motivo, con frecuencia se detecta una gran carencia de datos geográficos sobre las características técnicas y administrativas de la red viaria y de las actuaciones que se llevan a cabo o se pretenden ejecutar sobre ellas. Incluso cuando aparecen iniciativas ambiciosas para conseguir obtener esta información, la componente geográfica de los datos apenas es tenida en cuenta, y la utilización de Sistemas de Información Geográfica no se contempla en la mayor parte de los casos..

En la actualidad, existen empresas que disponen de vehículos equipados con instrumentación capaces de realizar mediciones y toma de datos mientras circulan por las carreteras. Éstos obtienen puntos georeferenciados, separados por una distancia fija, que van acompañados de gran cantidad de información y permiten generar, de forma semiautomática, una extensa base de datos sobre infraestructuras viarias. Estos sistemas almacenan datos sobre características relevantes para el análisis de la red viaria (trazado, pavimento, ancho, arcenes, señalización, pendientes, fotografías, etc.). La potencialidad de estos datos es enorme, pero su aprovechamiento eficiente requiere un tratamiento cuidadoso de los mismos como explicaremos a lo largo de este texto.

En este artículo se expone la experiencia llevada a cabo por CartoLab<sup>1</sup> en el tratamiento masivo de este tipo de información puntual utilizando herramientas de SIG Libre. Este trabajo surge a raíz de nuestra participación en el Plan de Carreteras de Galicia que se adjudica en el verano de 2006 a una UTE de empresas de consultoría<sup>2</sup>. Fruto de esta colaboración<sup>3</sup>, se ha desarrollado una metodología y una herramienta informática para, partiendo de este tipo de datos, realizar análisis y generar planos que sirvan como base para el desarrollo del Plan.

## 2. Información geográfica puntual sobre las carreteras

La representación clásica de las carreteras en la cartografía y, por extensión, en los SIG, es mediante líneas, por ser la dimensión longitudinal de estas infraestructuras mucho más relevante geoméricamente que cualquier otra de sus dimensiones. Sin embargo, el tratamiento de infraestructuras viales como sucesión continua de puntos individuales tiene grandes ventajas. También presenta ciertos inconvenientes, que adecuadamente subsanados gracias a la correcta interpretación del paso de puntos a línea, ofrece nuevas posibilidades al análisis de las carreteras.

La principal fuente de datos usada para analizar las características de la red autonómica de carreteras se obtuvo del Catálogo Visual de Carreteras (CATVIS)<sup>4</sup>, donde se almacenan parámetros que definen la red de carreteras, mediante geometrías de punto. En el mercado hay otros sistemas que gestionan de forma similar la información, pero nosotros nos centraremos en el comentario del que hemos utilizado. CATVIS es una aplicación informática para apoyo en la gestión de carreteras tanto a nivel de conservación y mantenimiento como en nuevos proyectos y actuaciones. CATVIS se estructura en tres grandes bloques de información:

- una base de datos modular
- imágenes digitales reales de las carreteras y su entorno, y
- cartografía básica de la zona.

---

1 Cartolab es el Laboratorio de Ingeniería Cartográfica de la ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Coruña <http://cartolab.udc.es>

2 La UTE para la elaboración del Plan de Carreteras de Galicia la forman las empresas ICEACSA, PROYFE y Oficina de Planeamiento.

3 La colaboración se concretó mediante un convenio de colaboración entre BAU Estudio de Arquitectura y Urbanismo contratado por la UTE, y la Fundación de Ingeniería Civil de Galicia.

4 El Catálogo Visual de Carreteras del que se obtuvo la información base para los análisis, es una aplicación desarrollada por GEOCISA. Puede verse parte de su información para la red autonómica gallega en <http://www.cptopt.xunta.es/portal/cidadan/pid/183>

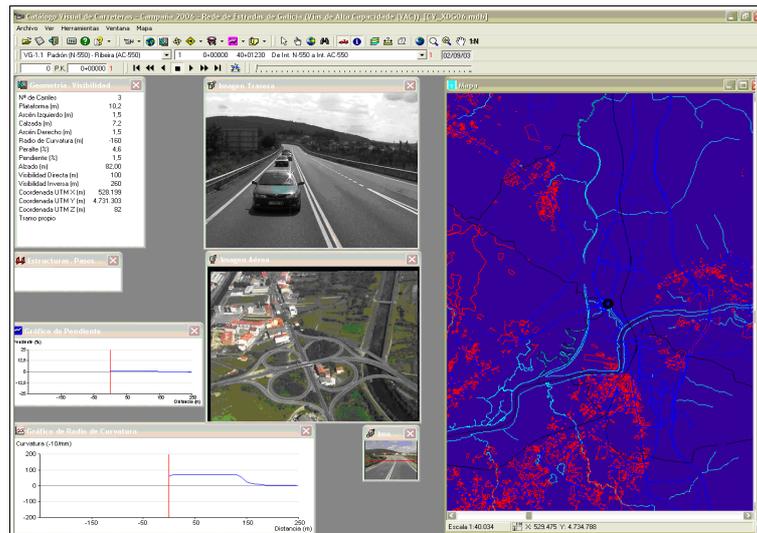


Imagen 1. Ventana ejemplo del Catálogo Visual de Carreteras

Los datos están almacenados en una base de datos relacional bien estructurada en diferentes tablas. La información es muy completa incluyendo desde información general (IdCtra, códigos de carretera, red y subred, PKs, longitud, denominación, fecha de inventario, etc.), a datos de los principales parámetros geométricos, como ancho de plataforma, de calzada, de arcenes, radio de curvatura, peralte, pendiente, alzado, visibilidad, etc. También se incluyen datos de estructuras, equipamientos viarios o elementos singulares de las carreteras, como enlaces, señalización, hitos y marcas viarias, etc. También cuenta con información sobre valores técnicos del estado de las mismas como el Índice de Regularidad Superficial (IRI). Cada elemento puntual está asociada a un punto kilométrico de la calzada a la que pertenece y posee coordenadas UTM X, Y y Z, que facilitarán el posterior tratamiento geográfico.

En general, todos los elementos relativos a las carreteras son almacenados como una sucesión de elementos puntuales distanciados cada 10 metros. Sin embargo, también es habitual contar con ciertos atributos que se representan con el valor en un tramo identificado por el punto kilométrico (Pk) inicial y el Pk final. Esto significa que todos los puntos intermedios poseen el mismo valor para las características correspondientes que se estén describiendo.

## 2.1. Problemática de la información geográfica puntual sobre las carreteras

El entorno de trabajo del CATVIS está pensado para un usuario no técnico, por lo que el acceso a la información es intuitivo y simple, y está orientado a la consulta de información de puntos concretos de una carretera. El sistema ofrece poca versatilidad y hace poco manejable la gran cantidad de datos de la que dispone. Además carece de opciones para realizar ciertas operaciones, consultas o análisis globales de la información y no cuenta con las herramientas básicas de un SIG de propósito general.

Uno de los principales inconvenientes que un técnico SIG encuentra con esta aplicación es la baja capacidad de representación gráfica de los datos geográficos, y la imposibilidad de hacer ningún tipo de análisis espacial sobre los mismos lo que crea la necesidad de exportar los datos a un formato SIG.

Tras un cuidadoso tratamiento de la tablas y exportación, los datos pueden visualizarse con un SIG, pero la gran cantidad de datos (más de 500.000 registros para la red autonómica gallega) hace que su manejo sea costoso. La representación de datos puntuales resulta compleja, requiere gran cantidad de memoria y en general se producen retardos en cualquier operación, por ejemplo, al realizar zooms.

Sin embargo, la simple representación de estos datos en un SIG permite realizar un análisis visual que ya nos aporta, como esperabamos, información muy interesante sobre las carreteras y sobre la calidad de la información existente en el CATVIS. Así, se detectaron errores en ciertos puntos que provocaban inconsistencias en la base de datos (espaciamiento variable, lazos, coincidencias geográficas, etc.). Otro problema observado, es la imprecisión en los puntos de inicio y final de cada vial. Esto origina una falta de conectividad geométrica de las carreteras, por lo que se tienen entidades aisladas e inconexas que impiden el uso de técnicas para análisis de redes.

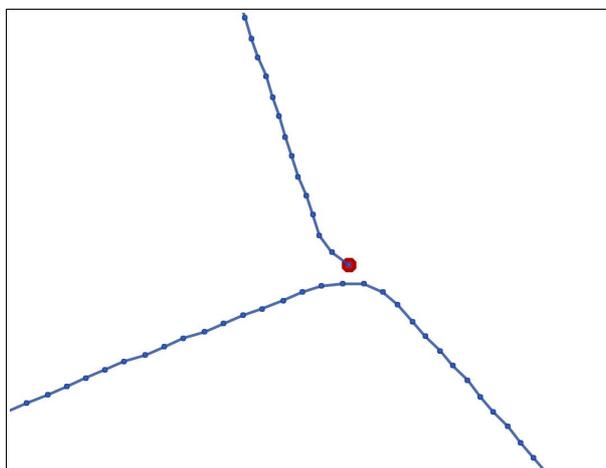


Imagen 2. Ejemplo de falta de topología en los datos

La profusión de datos de una recogida cada 10 metros de forma secuencial producen una gran variedad de valores que pueden llegar a ser muy diferentes entre muestras consecutivas. Estos cambios sólo son apreciables cuando la escala de visualización es muy grande. Sin embargo, cuando se quiere visualizar una carretera en toda su longitud, o todas las carreteras de una provincia o de ámbitos mayores, este tipo de representación provoca una sobrecarga excesiva de datos con la superposición de elementos que impiden apreciar verdaderamente las condiciones técnicas de las calzadas.

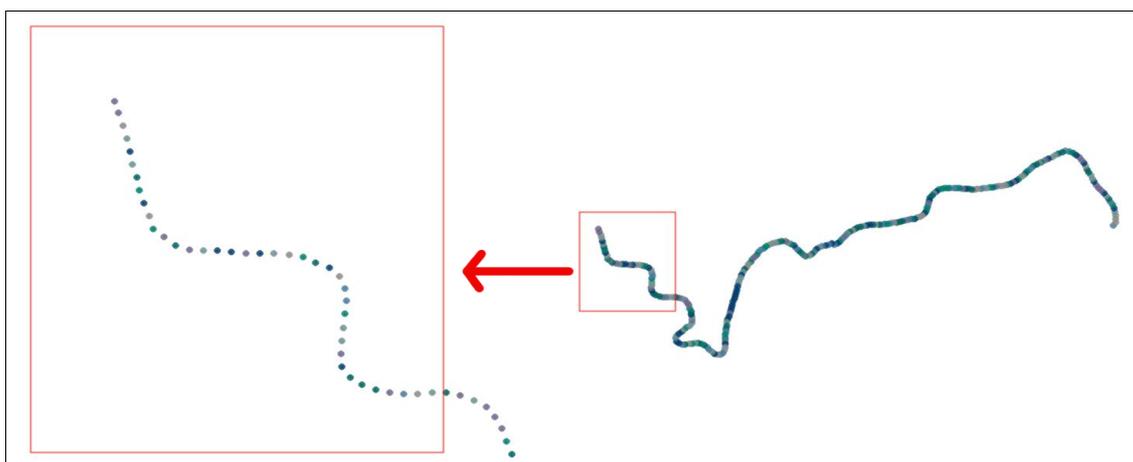


Imagen 3. Mezcla de colores de representación por los cambios frecuentes de características de los tramos

También se produce el caso contrario al anterior, en el que puntos consecutivos comparten valores iguales o muy similares entre sí. La redundancia de información en estos casos provoca que el tamaño de los datos sea elevado.

Durante los análisis previos, se han encontrado también otras problemáticas y consideraciones interesantes que conlleva esta forma de almacenamiento de datos, pero su exposición detallada sobrepasaría los límites de este artículo divulgativo.

### 3. Procesamiento de la información geográfica puntual sobre carreteras

Al tomar los datos de las carreteras en puntos consecutivos distanciados 10 metros se consigue tener gran detalle de la red, pero se genera un gran volumen de información, especialmente cuando se recogen las características de todas las carreteras autonómicas de una región. En el caso de Galicia, la red autonómica posee una longitud superior a los 5.000 km, lo que conlleva tener almacenados en la base de datos más de medio millón de puntos. Trabajar directamente en un SIG con ellos es inapropiado, por lo que es necesario realizar un tratamiento previo de la información.

La solución obvia para simplificar estos datos es realizar una conversión geométrica de puntos a línea. Sin embargo, un concepto tan simple como puede ser este, oculta una serie de requerimientos que debemos tener en cuenta para aprovechar al máximo los datos, resultando una operación más compleja de lo que pudiera parecer inicialmente.

El paso de información puntual a líneas requiere un estudio detenido en función de los datos de origen así como de las necesidades de los nuevos elementos que se deseen obtener. Para explicar de forma sencilla los problemas de esta conversión, pondremos un ejemplo en el que se transforman todos los puntos de una misma calzada en una sola polilínea. Con este criterio, se obtendría una entidad lineal única para cada carretera en lugar de los cientos o miles de puntos independientes con los que se representaba antes la información de cada uno de los parámetros analizados. Los valores de atributos de las características técnicas de la carretera en cada uno de los puntos, se verían obligatoriamente simplificados a único un valor, por ejemplo, el valor medio. De este modo, en una carretera en la que existan tramos con y sin arcenes, el valor del ancho de arcén será la media de toda la carretera y no se podrían identificar aquellas zonas concretas sin arcén que serían potencialmente peligrosas para la circulación. La información geográfica ahora es fácilmente manejable, ya se reduce en varios órdenes de magnitud el número de entidades. Sin embargo, se ha perdido toda la riqueza y detalle de los datos originales. Esta pérdida de información relevante obliga a buscar otras conversiones más complejas, como por ejemplo definir rangos de valores en ciertos atributos. Establecer rangos hace que los puntos aislados se agrupen de forma lógica favoreciendo la comprensión de la información y evitando la redundancia de datos.

Tras haber analizado diferentes soluciones SIG de software libre y de SIG privativo, concluimos que no existían herramientas que se ajustasen a nuestros requerimientos. Los análisis y procesamientos planteados exigían sacar el máximo partido a los datos de origen, reducir el coste gráfico y alfanumérico que suponen la geometría de puntos y, además, tramificar según ciertas características de la vía. Para llevar a cabo estas tareas, en CartoLab hemos desarrollado un conjunto de herramientas agrupadas en el programa informático XAEL (Xerador Avanzado de Entidades Lineales<sup>5</sup>). Este software permite extraer información de fuentes de datos de tipo puntual y realizar diferentes transformaciones según los condicionantes o requerimientos necesarios en cada tipo de análisis.

---

5 En castellano, Generador Avanzado de Entidades Lineales

### 3.1. Descripción de XAEL

XAEL (Xerador Avanzado de Entidades Lineais) es un aplicación informática capaz de extraer los datos contenidos en una base de datos basada en entidades de tipo puntual y convertirlos en información optimizada para ser consumidos por un SIG. En esta transformación se resuelven gran parte de los problemas que supone este tipo de almacenamiento, conservando el máximo detalle en los datos. Además, ofrece una serie de funcionalidades que añaden más valor a la información, permitiendo obtener nuevos datos en los elementos geográficos creados. No se trata entonces de un simple transformador de datos geométricos, sino que permite modelar información puntual y operar con ella para generar entidades con unas características finales concretas. Las funcionalidades de XAEL permiten, por tanto, la creación directa de líneas tramificadas por múltiples criterios como se detallará más adelante.

XAEL es una herramienta de software libre no dependiente de ninguna plataforma o framework que lo contenga. Está programado íntegramente en Java y para su implementación, se han usado las librerías de software libre GeoTools<sup>6</sup> y JTS<sup>7</sup>. Cuenta con una interfaz gráfica sencilla (creada con la librería Buoy licenciada como dominio público) donde se presentan las herramientas para que el usuario pueda operar de modo sencillo con los datos. En la versión beta actual, utiliza la salida estándar para mostrar mensajes de progreso, error, etc.

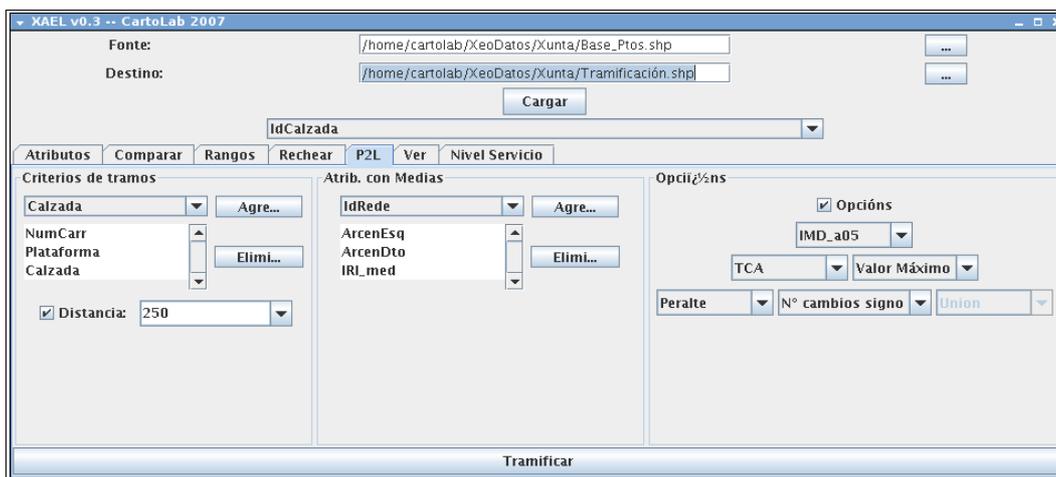


Imagen 4. Captura de pantalla de la herramienta de tramificación de XAEL.

Admite como entrada bases de datos ODBC, PostGIS, así como Shapefiles, siendo este último formato el de salida de resultados. Todos los resultados producidos por XAEL tienen como salida un nuevo fichero, con lo que el acceso a los datos originales es siempre en modo de sólo lectura evitando pérdidas involuntarias.

### 3.2. Metodología de tratamiento de datos puntuales

La clave del funcionamiento de XAEL es aprovechar el carácter secuencial de los datos de partida. Este modo de acceso es además el natural en las carreteras y en general en cualquier tipo de red. Así se logra un procesamiento de toda la información de un modo eficaz y rápido, con un bajo coste computacional.

Las herramientas de XAEL recorren la totalidad de las carreteras, punto por punto, de un modo ordenado, operando con los campos involucrados en su tramificación, realizando cálculos matemáticos y editando las geometrías. Además, se produce un ágil encadernamiento de procesos, ya que los resultados de salida de una operación

6 <http://geotools.codehaus.org/>

7 Java Topology Suite. <http://www.vividsolutions.com/jts/jtshome.htm>

Plaça Ferrater Mora 1, 17071 Girona

Tel. 972 41 80 39, Fax. 972 41 82 30

[infojornadas@sigte.udg.es](mailto:infojornadas@sigte.udg.es) <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre/>

se preparan automáticamente como entrada para realizar cualquier otro procesamiento.

Es necesario hacer un intenso trabajo previo sobre la base de datos para conseguir adaptar la misma a los requisitos que plantea la metodología que se describe a continuación. Se harán uniones entre tablas, se crearán, modificarán y eliminarán campos, así como otras operaciones en las que se hace uso intensivo de XAEL.

Aunque XAEL está pensado fundamentalmente para la creación de entidades lineales partiendo de puntos, también es de utilidad para tareas de procesado de una base de datos puntuales. En este sentido, la herramienta XAEL realiza el relleno de datos en todos los puntos intermedios de un tramo, a partir de los datos de distancia inicio y distancia final, asociados para cada valor. Con todo ello, se obtiene una base de información, de geometría puntual, preparada con todos los atributos necesarios para los análisis posteriores que se quieran realizar.

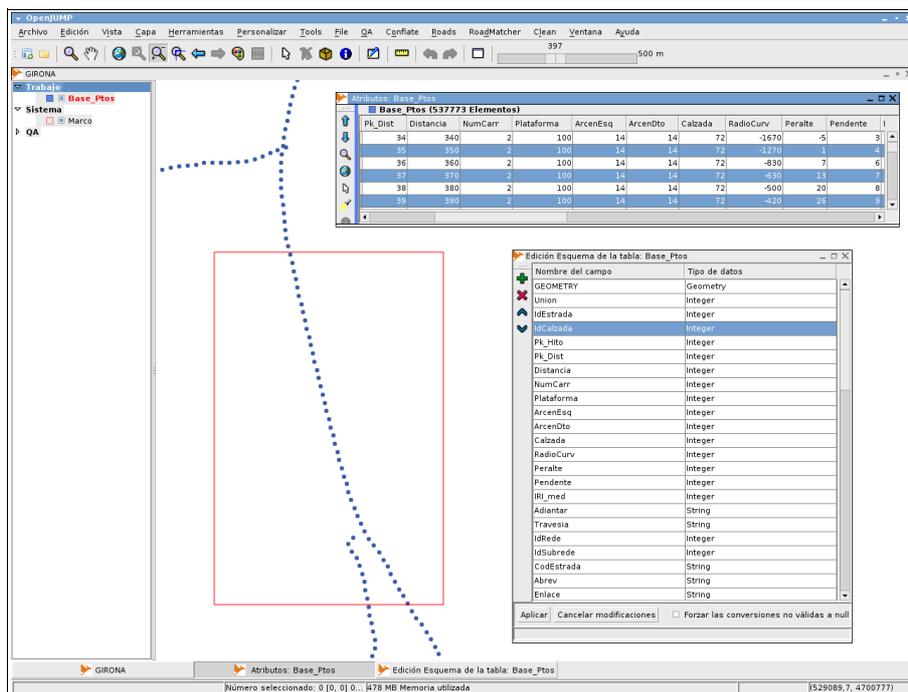


Imagen 6. Base geometría puntual

Una vez adecuada la base de información, se realizan sobre ella las tramificaciones necesarias para generar las carreteras en forma de líneas segmentadas por criterios basados en sus características.

Comentaremos alguno de los tipos de tramificaciones usados:

- Tramificación **“por valores”**: se segmentan las carreteras en función de los cambios de valores de un campo. Por ejemplo, todos los puntos consecutivos con igual número de carriles formarán una entidad lineal individual que corresponderá con un tramo de la carretera.
- Tramificación **“por rangos”**: se forman tramos en función de una serie de rangos definidos para algunos de los parámetros. Por ejemplo, en el caso de anchos de calzada, se establecen los rangos siguientes: < 5m, 5-6m, 6-7m y ≥7m. En función del dato de ancho de calzada se agruparán los puntos consecutivos dentro del mismo rango formando un tramo.
- Tramificación **“por cambios de signo”**: se transforma la red de carreteras de puntos a líneas en función de los cambios de signo de un determinado valor. Por

ejemplo, en el análisis del atributo pendiente, se puede interpretar la ondulación vertical del terreno y localizar los cambios de rasante.

- Tramificación “**por punto de corte**”: los tramos se generan a partir de puntos de corte definidos por el usuario o eventos de la red como, por ejemplo, enlaces o cruces con otras carreteras.
- Tramificación “**por número de vértices**”: se generan tramos con igual número de vértices obteniendo tramificaciones de igual longitud.
- Tramificación “**mixta**”: se transforma la red de carreteras de puntos a líneas a partir de la combinación de dos o más de los criterios anteriores. Por ejemplo, en el análisis de los niveles de servicio, se ha transformado la red por puntos de corte utilizando los enlaces y por valor de travesía.

En la imagen 7 se muestra un ejemplo de alguna de las diferentes tramificaciones para un área concreta.



Imagen 7. Paso de puntos a elementos lineales y tramificación según número de carriles

En la Tabla 4 se muestra un resumen de los resultados de algunas de las diferentes tramificaciones de carreteras autonómicas en Galicia, pasando de 537.773 entidades puntuales a 516 en el mejor de los casos y casi 20.000 en el análisis más desagregado.

TIPO DE TRANSFORMACION	ANÁLISIS	NUMERO DE TRAMOS	LONGITUD DE TRAMOS		
			MENOR (m)	MAYOR (m)	MEDIA (m)
<b>Valores</b>	Titularidad	516	89,51	108.314,34	10.425,80
	Nº carriles/calzada	5.744	7,07	50.072,45	936,58
	Travesías	3.309	9,22	41.126,22	1.625,78
	Carril Lento	1.143	9,43	95.987,08	4706,67
	Adelantamiento	14.811	6,04	22.462,58	363,22
	Marca de borde	1.126	9,22	72958,61	4777,72
<b>Rangos</b>	Ancho arcén	19.906	5,10	39.639,89	270,25
	Ancho calzada	7.052	5,83	56.829,54	762,86
	Ancho plataforma	17.506	2,00	24.375,35	307,31
	IRI	13.642	8,49	21.229,16	394,35
<b>Cambios de signo</b>	Pendientes	5.807	8,94	14.160,73	923,42
<b>Puntos de corte</b>	Radios de curvatura	7.323	7,62	14.540,04	734,63
<b>Mixto</b>	Trafico	9.654	7,62	10.251,58	557,25
	Travesías por IMD	4.746	0	4268,22	352,02

Tabla 1. Resultados de transformaciones de entidades puntuales a entidades lineales

Con esta metodología y transformación se consigue una enorme reducción de espacio de almacenamiento de los datos, y se hace mucho más rápido su manejo y los tratamientos posteriores. Además de permitir una mejor representación visual y un estudio más estructurado de los datos, el uso de XAEL permite realizar nuevos análisis que antes no se podrían llevar a cabo.

### 3.3. Funcionalidades de XAEL

Como ya se ha dicho, XAEL cuenta con una serie de herramientas orientadas al manejo sencillo de registros con información secuencial. Debidamente combinadas, estas herramientas generan nuevos datos que ayudan en el análisis de este tipo de información superando, en muchas ocasiones, las expectativas iniciales con las que se habían diseñado. A continuación describiremos brevemente algunas de las funciones que XAEL puede realizar:

- Creación, eliminación y modificación de campos de atributos

Permite la edición de la estructura del fichero de salida, partiendo del esquema de datos de entrada. Se pueden crear y eliminar campos, así como modificar el tipo o precisión.

- Visualización rápida de entidades en modo texto

Permite acceder a los datos de los registros de origen e imprimir sus valores como texto por pantalla. Esto suele ser útil para hacer consultas rápidas de puntos consecutivos.

- Comparación entre atributos

Compara distintos campos numéricos y guarda el resultado de la comparación (el mayor, el menor o la media) en otro atributo.

- Definición de rangos de datos (filtrado)

Esta herramienta permite establecer rangos en un atributo. Para cada registro, XAEL determina a qué rango pertenece y escribe la etiqueta oportuna en el campo indicado por el usuario.

Posee además un filtro de histéresis, que actúa controlando las oscilaciones leves de valores en los límites de los dominios de los rangos, y evitando los efectos de frecuentes cambios de valor entre rangos sin ninguna representatividad.

- Rellenado de valores

Asigna valores a los registros sin dato, en función de la situación de esos puntos con respecto a las entidades de su entorno o en función de eventos especificados con un punto inicial y final.

- Generador de líneas

Esta es la pieza clave de XAEL, ya que es la que se encarga de construir geometrías lineales a partir de puntos. Distingue dos tipos de corte: el que diferencia carreteras distintas y la que divide tramos de una misma carretera. De ese modo, el usuario debe definir cuál es el atributo único que identifica una carretera individual y también el/los atributo/s que determine/n las divisiones en tramos dentro de la carretera. Además se puede establecer el corte de tramos indicando el número de vértices máximo.

Esta herramienta crea un nuevo campo que permite identificar el orden de los tramos en dicha carretera.

Paralelamente a la transformación de puntos a polilínea se puede generar nueva información que se desprende del análisis directo de los datos. Así, es posible hacer el recuento de ciertas características dentro de cada línea o hallar la media de ciertos valores en los puntos que forman ese tramo.

- Otros cálculos avanzados

Con esta herramienta se pueden obtener atributos nuevos a partir de los datos existentes, de manera que se consiguen factores necesarios para emplear en cálculos más complejos. Un ejemplo de ello es el cálculo de los niveles de servicio de las carreteras. El método empleado para realizar este cálculo en XAEL se basa en el HCM (Highway Capacity Manual) originario de EE.UU y que se aplica en España y muchos otros países.

#### 4. Análisis realizados

Esta metodología fue empleada en el año 2007 para la obtención de datos y la posterior elaboración de planos de análisis de las carreteras gallegas dentro del Plan de Carreteras de Galicia. Inicialmente no se contempló la necesidad de utilizar un Sistema de Información Geográfica para desarrollar este Plan, sin embargo, a medida que se iba recopilando más información y datos sobre las carreteras gallegas y su entorno se hacía palpable la imposibilidad de poder abordar una planificación coherente con métodos tradicionales.

La información principal en este proyecto está centrada en la red de carreteras gallegas de titularidad estatal, autonómica y provincial, pero con el objetivo de integrar el análisis viario en su entorno, fue necesario completar la información con nuevos elementos territoriales como son: núcleos de población, orografía, hidrografía, otros modos de transporte, áreas industriales, etc. Cabe destacar el volumen y la heterogeneidad de todos los datos recopilados, tanto en las fuentes (Xunta de Galicia, Diputaciones, SITGA, Ministerio de Interior, Fomento, etc.), como en formatos (shapefiles, dwg, excell, access, pdf, etc.). Sirva como ejemplo de la complejidad en cuanto a información en este proyecto, el tamaño de almacenamiento de los datos que sobrepasó los 250 Gb.

El Plan de Carreteras de Galicia, centrado en la red de las carreteras de titularidad autonómica, plantea diferentes análisis donde se contemplan, por un lado, la representación de las características básicas del viario, y por otra, la elaboración de análisis más complejos. La representación de datos básicos es aquella en la no es necesario realizar ningún cálculo ni cruce de información. En estos casos, el trabajo fundamental se encamina a representar y mostrar los datos de forma que se facilite su comprensión. En los análisis más complejos es necesario realizar procesamientos a partir de los datos disponibles para obtener nuevos parámetros.

Análisis	Grupo	Descripción	Fuente de dato	
<b>Basicos</b>	Titularidad de la red	Titularidad de la red	CATVIS, SITGA, EIEL	
	Análisis geométricos	Número de carriles por calzada	CATVIS	
		Ancho de arcén	CATVIS	
		Ancho de calzada	CATVIS	
		Ancho de plataforma	CATVIS	
		Pendientes	CATVIS	
		Radios de curvatura	CATVIS	
		Índice de regularidad superficial	CATVIS	
		Situación de carril lento	CATVIS	
		Travesías	Por clasificación administrativa de la red	CATVIS
			Por IMD	CATVIS
	Señalización Viaria	Tramos con posibilidad de adelantamiento	CATVIS	
		Porcentaje de adelantamiento por calzada	CATVIS	
		Marca viaria de borde continua	CATVIS	
	Estado de la red	Actuaciones en ejes existentes y nuevos ejes	Datos UTE	
		Actuaciones de baja IMD	Datos UTE	
		Actuaciones de seguridad vial	Datos UTE	
TCA	Tramos de concentración de accidentes	Mem. accidentes 2006		
Entorno	Otros modos de transporte	SITGA, Datos UTE		
	Parques empresariales	Datos UTE		
	Espacios protegidos	SITGA		
<b>Complejos</b>	Tráfico	IMD ligero por calzada	CATVIS	
		IMD pesado por calzada	CATVIS	
		Velocidad media	Calculado	
	Accesibilidad	Nivel de servicio	Calculado	
		A enlaces de VAC	Calculado	
		A enlaces de VAC por municipios	Calculado	
	Otros	TCA's situados en travesías	CATVIS	
		Carriles lentos e IMD	CATVIS	
		Calzadas de menos de 5m e IMD	CATVIS	
			CATVIS	

Tabla 2. Resumen de algunos análisis realizados

La información de partida se estructuró y se exportó a PostGIS, con un tratamiento más cuidadoso para los elementos puntuales incluidos en las diferentes tablas de información del CATVIS. Se empleó XAEL para consumir los datos y poder realizar los diferentes análisis. Los resultados fueron representados posteriormente en un SIG mediante mapas, tablas y gráficas. Como resultado del trabajo, se generaron más de 300 mapas de análisis viario como el que se muestra en la figura 8.

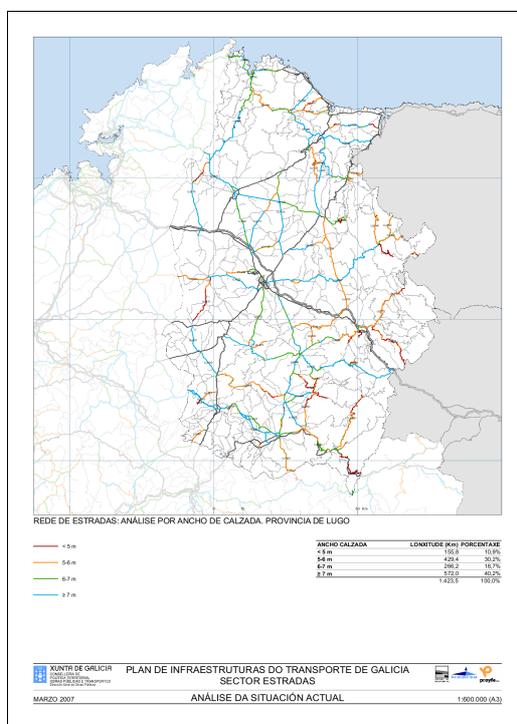


Imagen 8. Ejemplo de mapa de resultados en la provincia de Lugo

## 5. Conclusiones

La recogida masiva de datos de carreteras permite disponer de gran detalle sobre la red vial y su almacenamiento en forma de puntos conlleva una serie de ventajas e inconvenientes. Esta información es muy importante a la hora de abordar cualquier actuación sobre las infraestructuras viales y para planificar debidamente cualquier proyecto. Por esa razón es vital conseguir maximizar el valor de estos datos para que puedan ser aprovechados eficazmente, simplificar su comprensión y su manejo. Esto requiere que estos datos puedan ser consumidos por los SIG.

La conversión de puntos a líneas implica una serie de problemas que han requerido de un cuidadoso estudio. El desarrollo de XAEL con librerías de software libre, ha permitido resolver estos problemas y transformar este tipo de información a un formato SIG mejorando la calidad de los datos.

Como trabajos futuros se pretenden realizar mejoras en XAEL, como por ejemplo, el uso de algoritmos de simplificación o generalización de geometrías, posibilidad de realizar procesos por lotes o mejoras en la interfaz de usuario. También se plantea la integración de XAEL con algún SIG libre.