

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

Santiago Higuera de Frutos

Universidad Politécnica de Madrid

mayo 2019





Santiago Higuera de Frutos

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Profesor en el Departamento de Matemática aplicada a la Ingeniería Civil y Naval de la Universidad Politécnica de Madrid

santiago.higuera@upm.es

Introducción

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

- Las redes de carreteras son una de las infraestructuras críticas de los países
- Afectan directamente a la calidad de vida de los ciudadanos y a la productividad de las empresas
- La gestión eficiente de cualquier red de carreteras necesita una descripción detallada de sus características, a fin de facilitar el proceso de toma de decisiones y obtener el máximo rendimiento de las inversiones realizadas

Tipos de inventarios

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

Los **inventarios de carreteras** se pueden definir como una **base de datos** acerca de las vías, sus elementos y sus características

Hay diferentes tipos de inventarios de carreteras:

- Inventarios físicos
- Aforos de tráfico
- Datos sobre accidentes ocurridos durante la explotación
- Inspecciones visuales y auscultaciones de firmes y de su capa de rodadura
- Inventarios de estructuras
- Otros

Alcance del trabajo

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

Este trabajo de investigación se refiere a los «**inventarios físicos**» de las carreteras y redes viarias en general, si bien, los conceptos y procedimientos desarrollados son de aplicación, en mayor o menor medida, a cualquiera de los otros tipos de inventarios



Diferentes tipos de carreteras:

Los procedimientos y equipos destinados a los inventarios de **carreteras convencionales** están muy desarrollados.

No sucede lo mismo con los inventarios destinados a **otros tipos de redes viarias**, como los caminos forestales, las vías ciclistas y pedestres o las rutas turísticas por pasajes naturales.

Estas redes de caminos necesitan ser utilizadas por distintos tipos de tráficos, cada uno con sus características y necesidades específicas. Se trata de gestionar tráfico de personas, vehículos y mercancías para su explotación, el mantenimiento y mejora de las instalaciones y la atención a situaciones de emergencia.

Diferentes agentes interesados en los inventarios:

- Las autoridades y las empresas encargadas de la construcción, mantenimiento y explotación de las carreteras: para estos existen equipos y aplicaciones informáticas que pueden ser de utilidad en entornos de altos recursos.
- Otros agentes interesados en los inventarios de carreteras: las soluciones existentes no ofrecen la utilidad deseada. Es el caso de las fuerzas de seguridad y servicios de protección civil, pequeños ayuntamientos, empresas de transporte y logística, usuarios y muchos otros.

Naturaleza dinámica de la información

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

Un aspecto importante de los inventarios de carreteras es la naturaleza dinámica de la información contenida en los mismos.

Un inventario que no esté debidamente actualizado pierde utilidad

Hay casos especiales en los que la frecuencia de cambio en el estado de las carreteras es muy alta, por ejemplo tras **catástrofes naturales**.

En estos casos se hace necesario minimizar los tiempos dedicados a planificación, implementación y actualización de los inventarios

Diseño y toma de datos

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

El diseño y la planificación del inventario consiste básicamente en dos tareas:

- Definir los elementos y variables que se pretende inventariar
- Seleccionar los procedimientos y equipos que se van a utilizar en las siguientes fases del inventario

Para definir un procedimiento de inventariado hay que resolver tres problemas:

- El modelo de datos
- El formato de almacenamiento
- El mecanismo para organizar y acceder a la información almacenada

Existen algunos modelos de datos, pero están principalmente destinados a las redes de carreteras tradicionales y a las autoridades y empresas encargadas del diseño, construcción y explotación.

- Aplicaciones comerciales: problemas de interoperabilidad
- Algunos organismos promueven sistemas abiertos:
 - LandXML
 - Open Geospatial Consortium
 - U.S. Department of Transportation
 - European Comission
 - IGN: Grupo de trabajo de Redes e Infraestructuras de transporte
- Algunas aplicaciones SIG tienen extensiones: gvSIG

El modelo de datos de OpenStreetMap

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

OpenStreetMap utiliza un modelo de datos de uso general muy flexible para el análisis y tratamiento de información geográfica en formato vectorial

Utiliza tres tipos de primitivas geométricas:

- Nodes
- Ways
- Relations

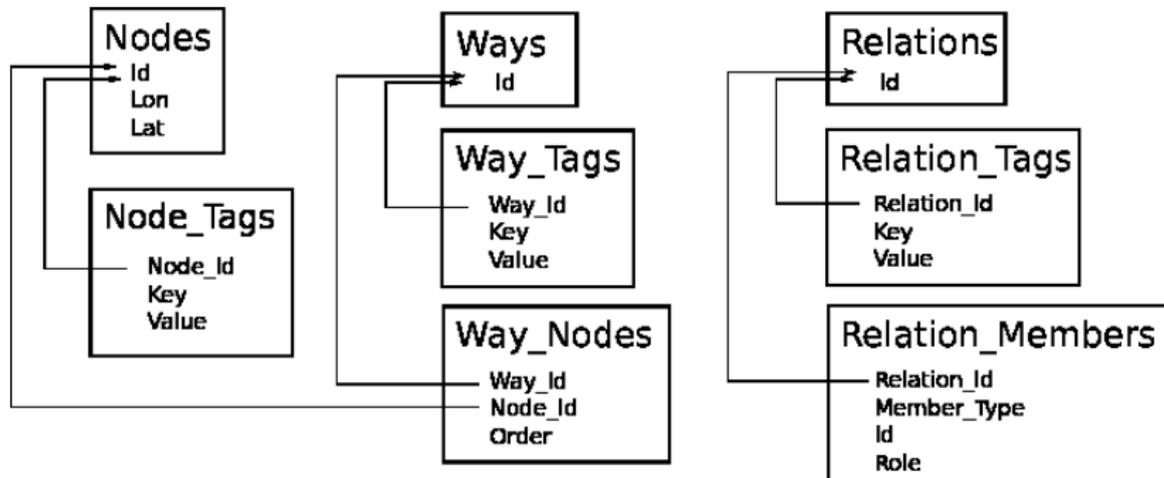
La información temática de cada elemento se incorpora a través de etiquetas, «tags».



Base de datos mínima

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

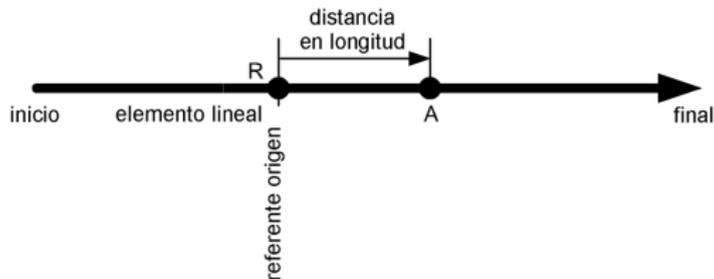
Estructura de la base de datos mínima para implementar el modelo de datos



Referencia Lineal I

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

La **Referencia Lineal** es un sistema de referencia muy utilizado en carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras lineales para especificar la posición de determinados elementos.



La referencia lineal se puede resolver con **diferentes esquemas de etiquetado**

```
<relation id="347">
  <tag k="type" v="Route" />
  <tag k="ref" v="N-320" />
  <member type="node" id="17235" role="origen" />
  <member type="way" id="157" role="1" />
  <member type="way" id="158" role="2" />
/>
```

Ejemplo: «Route» incluyendo el origen del tramo, para referencia lineal mediante distancias absolutas

```
<relation id="347">
  <tag k="type" v="Route" />
  <tag k="ref" v="N-320" />
  <member type="way" id="157" role="1" />
  <member type="way" id="158" role="2" />
  <member type="node" id="17235" role="PK-0" />
  <member type="node" id="17948" role="PK-1" />
/>
```

Ejemplo: «Route» incluyendo como miembros los hitos kilométricos

Segmentación dinámica

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

La «*segmentación dinámica*» se puede resolver mediante **etiquetas temáticas** de manera similar a como se resuelve la referencia de elementos lineales.

```
<relation id="7247">
  <tag k="Type" v="Anchura" />
  <tag k="Route" v="Camino Matarrubia" />
  <tag k="DistInicio" v="2130" />
  <tag k="DistFin" v="2330" />
  <tag k="ancho" v="3.70" />
/>
<relation id="7248">
  <tag k="Type" v="Anchura" />
  <tag k="Route" v="Camino Matarrubia" />
  <tag k="DistInicio" v="2330" />
  <tag k="DistFin" v="2530" />
  <tag k="ancho" v="2.75" />
/>
```

Ejemplo de elementos «*Relation*» para definir la anchura de un camino mediante segmentación dinámica

Geometría: trazado en planta I

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

Cada alineación del trazado en planta se puede resolver con un elemento *Relation* que defina sus parámetros mediante etiquetas:

- etiqueta «type» con el valor «*planta*», que indique que se trata de una alineación del trazado en planta de la carretera
- etiqueta «Route» que especifique la línea de referencia
- dos etiquetas «PKInicio» y «PKFin» que indiquen los puntos de comienzo y final de la alineación
- etiqueta «Alineacion» que indique cuál es el tipo de la alineación y que podrá tomar los valores «*Recta*», «*Clotoide*» o «*CurvaCircular*»
- Las curvas circulares necesitan además una etiqueta «Radio» que especifique el radio de la curva.
- Las curvas de transición necesitarían una etiqueta adicional «Parametro» con el valor del parámetro de la clotoide.

Geometría: trazado en planta II

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

Con estos datos las alineaciones están geoméricamente definidas, pero se podrían añadir etiquetas adicionales a las alineaciones con el valor de algunos parámetros ya calculados, por ejemplo:

- azimut de las rectas
- azimut de los puntos de entrada y salida de las curvas
- coordenadas del centro de las curvas circulares
- retranqueo
- u otros que se quiera añadir

Geometría: trazado en planta II

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

Una forma alternativa de definir el trazado en planta y que puede ser suficiente a los efectos de los inventarios físicos de las carreteras puede ser añadir a cada elemento *Node* una etiqueta que detalle la curvatura de la carretera en dicho punto.

Se podría añadir, además, una etiqueta adicional que indique si se trata de un *Node* situado en una recta, en una clotoide o en una curva circular.

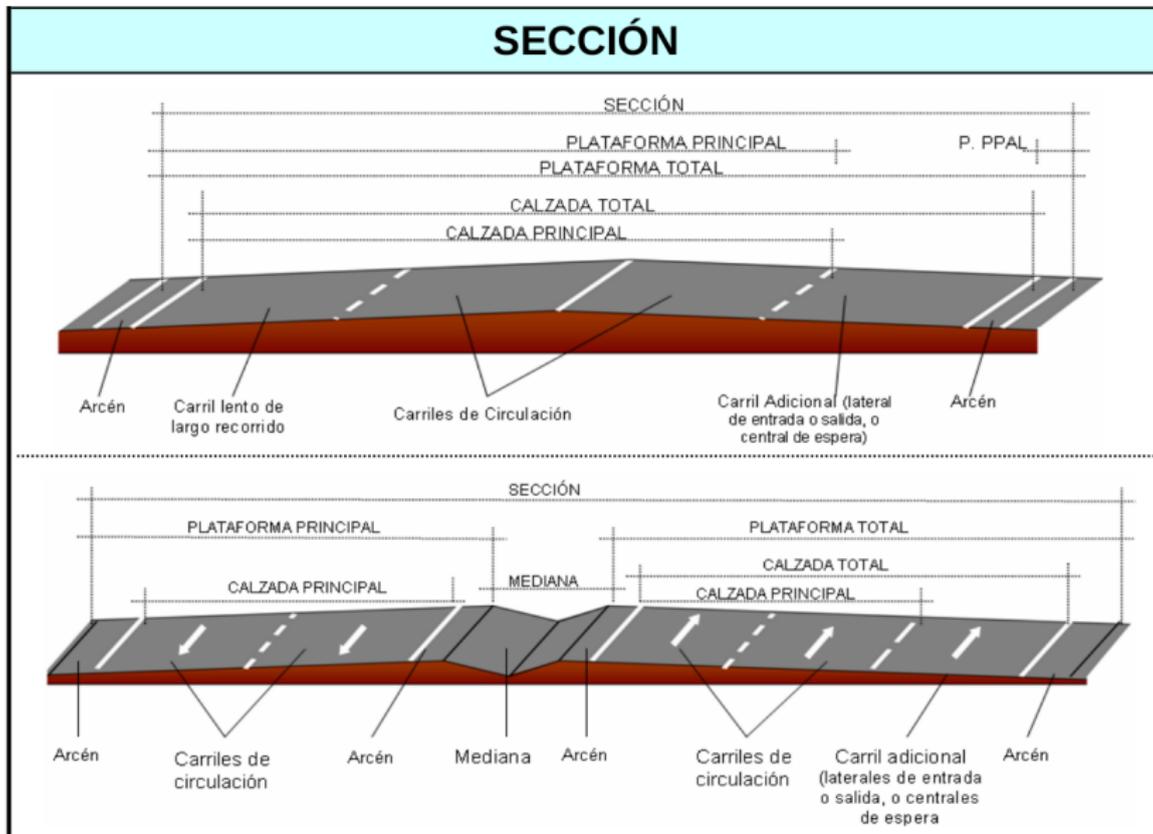
En el caso de las clotoides, para que quedasen totalmente definidas necesitarían además una etiqueta adicional con el valor del parámetro de la clotoide, por ejemplo.

Ejemplo de elementos *Relation* correspondientes a un tramo del perfil longitudinal de una carretera

```
<relation id="1">
<tag k="Route" v="M-607" />
<tag k="Type" v="perfil" />
<tag k="Alineacion" v="Pendiente" />
<tag k="PKInicio" v="0+0000" />
<tag k="PKFin" v="1+0373" />
<tag k="CotaInicio" v="1000.0" />
<tag k="CotaFin" v="1013.73" />
<tag k="TgInicio" v="0.01" />
<tag k="TgFin" v="0.01" />
/>
<relation id="2">
<tag k="Route" v="M-607" />
<tag k="Type" v="perfil" />
<tag k="Alineacion" v="Acuerdo" />
<tag k="PKInicio" v="1+0373" />
<tag k="PKFin" v="1+0867" />
<tag k="CotaInicio" v="1013.73" />
<tag k="CotaFin" v="1006.26" />
<tag k="TgInicio" v="0.01" />
<tag k="TgFin" v="-0.02" />
/>
<relation id="3">
<tag k="Route" v="M-607" />
<tag k="Type" v="perfil" />
<tag k="Alineacion" v="Pendiente" />
<tag k="PKInicio" v="1+0867" />
<tag k="PKFin" v="4+0220" />
<tag k="CotaInicio" v="1006.26" />
<tag k="CotaFin" v="979.20" />
<tag k="TgInicio" v="-0.02" />
<tag k="TgFin" v="-0.02" />
/>
```

Geometría: Sección transversal

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras



Firmes, visibilidad, gálibo y otras variables

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

```
<relation id="7312">  
  <tag k="type" v="Galibo" />  
  <tag k="Route" v="N-320" />  
  <tag k="PK" v="112+0100" />  
  <tag k='AlturaMax' v='3.40' />  
</>
```



Utilización de diferentes idiomas

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

```
<way id="41981947">
  <nd ref="410603523"/>
  <nd ref="4323929579"/>
  <nd ref="1163013710"/>
  <nd ref="1163013351"/>
  <tag k="highway" v="secondary"/>
  <tag k="maxspeed" v="70"/>
  <tag k="name" v="שדרות מנחם בגין"/>
  <tag k="name:ar" v="مناحيم بيغن"/>
  <tag k="name:en" v="Menahem Begin Avenue"/>
  <tag k="name:en1" v="Sderot Menahem Begin",>
  <tag k="name:en2" v="Menahem Begin"/>
  <tag k="name:en3" v="Menahem Begin Blvd."/>
  <tag k="name:en4" v="Sderot Menachem Begin"/>
  <tag k="name:en5" v="Begin Avenue"/>
  <tag k="name:he" v="שדרות מנחם בגין"/>
  <tag k="name:he1" v="מנחם בגין"/>
  <tag k="name:he2" v="בגין"/>
  <tag k="name:he3" v="שדרות בגין"/>
  <tag k="name:ru" v="Менахема Бегина"/>
  <tag k="name:es" v="Avenida Menahem Begin",>
  <tag k="oneway" v="yes"/>
</way>
```

Relación con BIM

Hacia un modelo de datos abierto para inventarios de carreteras

IFC, short for «Industry Foundation Classes», or more informally «Information for Construction» describes how to represent buildings and civil infrastructure in a digital format.

<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/>



THE END

BY @SANTIAGOHIGUERA DE GEOINQUIETOS MADRID



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported](#).

