



Universidad de Jaén

E3DELING

Evaluación 3D de Elementos Lineales de Información Geográfica

Informe Final

Jaén, abril de 2015

F.J. Ariza-López

ÍNDICE

Contenido

Informe Final	1
ÍNDICE.....	3
RESUMEN	5
PALABRAS CLAVE.....	6
OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
EQUIPO DE TRABAJO	7
VISIÓN GENERAL	7
ZONAS DE ESTUDIO (MUESTREOS)	8
TOMA DE DATOS EN TERRENO	9
PROCESADO PRECISO	18
AJUSTE DE EJES MEDIOS	19
CREACIÓN DEL BANCO DE DATOS	23
APLICACIÓN INFORMÁTICA	25
RESULTADOS Y PUBLICACIONES.....	28

RESUMEN

Este documento presenta una visión general de los trabajos realizados en el proyecto E3DELInG (Evaluación 3D de Elementos Lineales de Información Geográfica). Se realiza un repaso por todas las actividades planteadas en la propuesta del proyecto, explicando sus objetivos y lo que se ha logrado con este proyecto.

El objetivo principal del proyecto era avanzar en la evaluación de la exactitud posicional de elementos lineales 3D de Información Geográfica (IG). Este avance se planteaba desde dos perspectivas complementarias: 1) métodos de trabajo en campo para obtención de elementos de control y 2) métodos de análisis estadístico para la evaluación. Respecto al primer reto, se han ensayado y depurado métodos e instrumentos que permiten la obtención de elementos lineales 3D adecuados para ser utilizados como elementos de control. Respecto al segundo reto, se ha propuesto un método de análisis estadístico, basado en el conteo de errores posicionales, que permite tratar cualquier tipo de geometría (p.e. puntos, líneas, áreas) y dimensiones.

Otro de los retos que se planteaban en la solicitud era el uso de conjuntos de multitrizas de navegación GNSS. Este reto implica trabajar con grandes volúmenes de datos (*big data*) que deben ser generalizados (minería de datos) para obtener una aproximación al eje de calzada (carretera).

En relación a la captura se ha probado:

- Sobre vehículos. Métodos basados en: a) sistemas GNSS geodésicos, b) GNSS+IMU, c) GNSS de navegación.
- Sobre otras plataformas. Método utilizando GNSS geodésico sobre dispositivo de invención propia.

En total se han levantado los siguientes conjuntos de datos por zonas:

- Zona 1: 5568 km sobre una zona piloto que se extiende por las provincias de Huelva, Cádiz, Sevilla y Jaén con dispositivos GNSS+IMU.
- Zona 2: 32200 km en un total de 7 rutas con dispositivos GNSS de navegación.
- Zona 3: 4880 km en la zona piloto de Cárchel sobre la plataforma de invención propia.

En relación al uso de multitrizas, que es uno de los aspectos innovadores de este trabajo, y, en concreto en relación al pre-procesado de los datos, se ha avanzado en el conocimiento de los numerosos problemas que presentan la tipología multitrizas (p.e. puntos duplicados, saltos espaciales y temporales, atípicos, cortes, etc.). En relación al procesado de las multitrizas se han probado distintos métodos para determinar un eje medio.

Para la gestión de los datos, y como marco donde integrar los algoritmos implementados y desarrollados, se ha creado una herramienta informática que los alberga. Esta herramienta permite la selección del conjunto de datos, el análisis de sus características, la visualización y edición, la aplicación de controles de calidad, la determinación de ejes medios y la simulación de controles de calidad.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 0.

Tabla 0.- Resumen de resultados		
Tipología		
ARTÍCULOS		
Artículos publicados en revistas con revisión por pares	11	
Artículos aceptados y pendientes de publicación en revistas con revisión por pares	6	
Artículos pendientes de aceptación en revista con revisión por pares	3	
TOTAL		20
CONGRESOS		
Trabajos presentados en congresos con revisión por pares	15	
Trabajos aceptados en congresos con revisión por pares	2	
Trabajos pendientes de aceptación en congresos con revisión por pares	3	
TOTAL		20
TESIS DOCTORALES		
Presentadas	1	
En desarrollo	2	
TOTAL		3
NORMAS		
Norma UNE 148002 (para la evaluación de la calidad de datos espaciales)	1	
PATENTES		
Solicitadas	1	
ESPACIOS WEB		
Español	1	
Inglés	1	
TOTAL		2

PALABRAS CLAVE

Calidad posicional, elementos lineales, levantamiento, multitrizas GNSS, minería de datos, estadística, Información Geográfica.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

De una manera sencilla podemos indicar que el objetivo propuesto en la solicitud de este proyecto era avanzar en la evaluación de la exactitud posicional de elementos lineales 3D, no como elementos evaluables por vértices aislados (como si de puntos se tratase, que es la perspectiva clásica), sino en su conjunto, como una geometría 3D.

En la solicitud de este proyecto se planteaban los siguientes objetivos generales:

<<1. *Desarrollo de un método, aplicable por organizaciones productoras de cartografía, para la evaluación de la calidad posicional de elementos lineales 3D.*>>

y los siguientes sub-objetivos orientados a alcanzar el objetivo general anterior:

<<1.1. *Determinación de un método de campo para la captura de elementos lineales 3D que puedan servir de referencia.*

1.2. *Determinación de un método de gabinete para el procesado de los elementos lineales 3D.*

1.3. *Determinar y conocer el comportamiento de los MCPxL en el caso 3D.*

1.4. Determinar las posibilidades de uso de las multitrayectorias GPS de navegación en cuanto a su componente posicional 3D.

1.5. Realización de una herramienta lógica adecuada para la gestión informática de los procesos de comparación de elementos lineales 3D (elementos de control y elementos a controlar)>>

Como se indicará a lo largo de esta memoria, estos objetivos han sido cubiertos con creces.

EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de investigadores que ha participado en el desarrollo de este proyecto es el siguiente:

Investigador Principal:

Dr. Ing. Francisco Javier Ariza López

Investigadores:

Dr. Ing. José Luis García Balboa

Dr. Ing. Juan Francisco Reinoso Gordo

Dr. Ing. Juan José Ruiz Lendínez

Dr. Ing. Manuel Antonio Ureña Cámara

Dr. Ing. Joaquín Zurutuza Juaristi

Colaboradores no incluidos en el proyecto

Dr. Ing. Antonio Tomás Mozas Calvache

Becarios asociados:

Ing. Paula Gil de la Vega

Personal contratado:

Ing. Víctor Manuel Cobaleda

VISIÓN GENERAL

El desarrollo del presente proyecto tiene su base en la captura, elaboración y análisis comparado de información posicional. La organización de las actividades es la que se indica en la Figura 1.

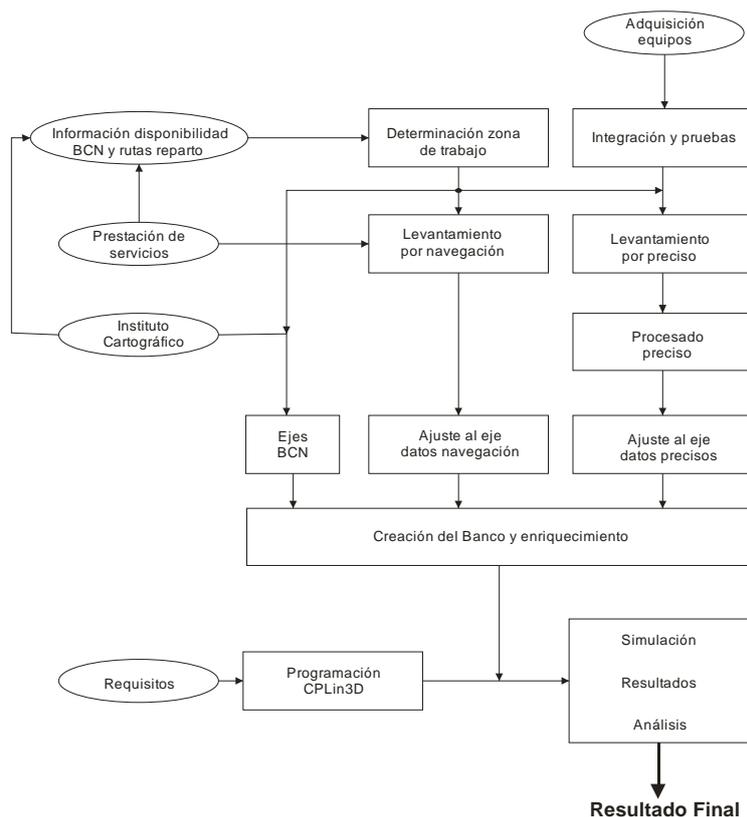


Figura 1- Esquema de las actividades

ZONAS DE ESTUDIO (MUESTREOS)

Como se ha indicado anteriormente se ha trabajado con 3 zonas en las que se han realizado captura de datos.

Zona 1. El objetivo de esta zona era disponer de un área de trabajo suficientemente extensa y con la variabilidad adecuada para que se presentara el mayor número de situaciones reales. Según lo indicado en la propuesta esta zona se materializaría en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

El diseño del muestreo se realizó teniendo en cuenta las posibilidades económicas, y dada su complejidad se optó por un diseño intencional. En todos los casos se tuvo en cuenta que las zonas recorridas estuvieran ya cartografiadas por el IGN y el IECA a las mayores escalas disponibles (E25K y E10K, respectivamente).

En total, se seleccionaron 37 hojas, lo que representa aproximadamente el 20,5% del total de hojas de la Comunidad Autónoma (Figura 2).

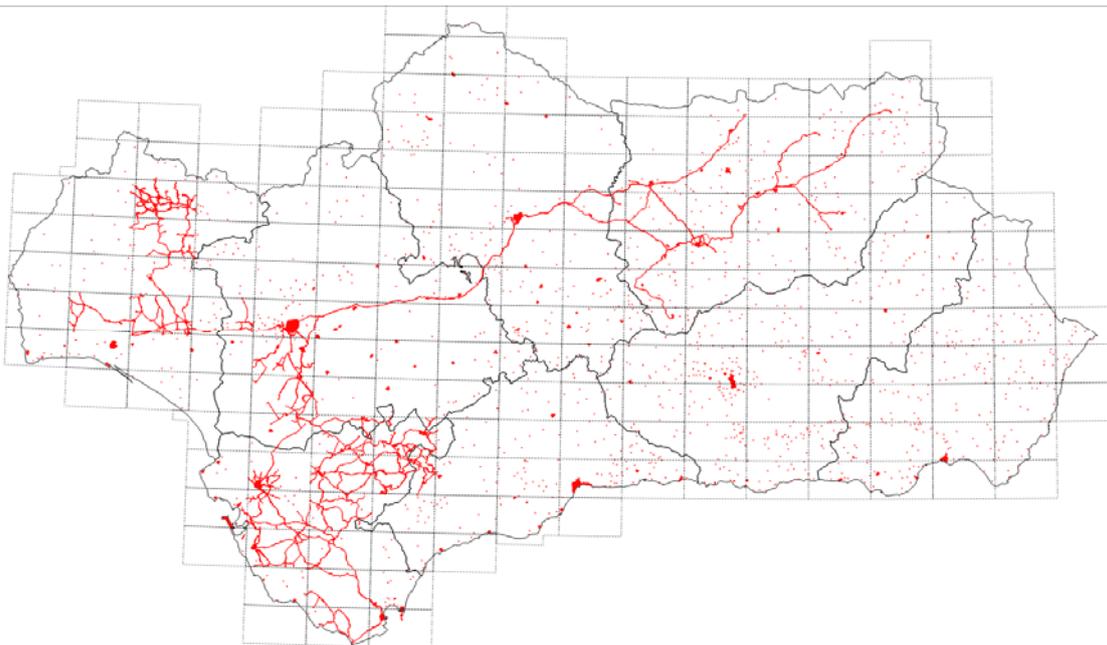


Figura 2 – Zonas de estudio (muestreos precisos)

Zona 2. El objetivo que se perseguía en esta zona era disponer de un conjunto numeroso de multitrazas de navegación GNSS levantas en condiciones normales de trabajo por parte de empresas del sector de reparto de paquetería, al objeto de estudiar sus problemas para derivar ejes medios. La zona de trabajo se restringe a la provincia de Jaén, donde se han capturado más de 130000 km de vías, si bien el total válido supera escasamente los 32500 km.

Zona 3. Esta zona se creó de manera sobrevenida por los problemas que surgieron con el acceso al gran volumen de datos y también como consecuencia de la idea de desarrollar un dispositivo para realizar un levantamiento de precisión pie a tierra. Esta zona se corresponde con un circuito de un total de 12.2 km, y que posee una gran variabilidad en cotas, pendientes y sinuosidad.

TOMA DE DATOS EN TERRENO

Esta fase abarca las actividades de la solicitud relativas a: i) la integración de equipos para la captura precisa y ii) la toma de datos en campo, tanto de datos precisos como de navegación. En relación al segundo ítem (toma de datos en campo) interesa destacar que, de manera complementaria y en una zona de dimensiones reducida, se consideró oportuno realizar una toma de datos a pie. A consecuencia de esta nueva necesidad surgió la idea de crear un nuevo dispositivo para facilitar las tomas GNSS sobre carreteras. Este dispositivo se presenta también en este apartado.

Integración de equipos para la captura precisa

Esta actividad se refiere a la adquisición, aprendizaje en el manejo, puesta en funcionamiento e instalación en un vehículo de un equipo GNSS + IMU de alta frecuencia de captura (dispositivo Vbox I3 de Racelogic)(Figura 3). El objetivo de esta fase era conseguir un funcionamiento adecuado del sistema GNSS+IMU a utilizar como sistema de captura preciso en la Zona 1.

Esta actividad tuvo retraso en la compra del equipo considerado en la propuesta debido a que el suministrador en España no fue capaz de confirmar ciertos aspectos técnicos relevantes que inicialmente sí se habían asegurado (uso de correcciones RTCM vía IP). Con motivo de ello se buscó otros suministradores y presupuestos. Todos los cuales eran superiores al presupuesto disponible. Por este motivo la adquisición se realizó con bastante retraso respecto a lo previsto, estando disponibles los equipos a mediados de mayo de 2012.

Además, la integración fue más costosa en tiempo, esfuerzos y ánimo debido a que por parte de la empresa suministradora se nos indujo a error con la actualización del firmware del sistema que debía ofrecer la capacidad de uso de las correcciones RTCM vía IP. Se nos ofreció un firmware para dar esta funcionalidad al sistema, pero existió una equivocación de versión. Este error del suministrador costó numerosas pruebas y desánimos a nuestro equipo. Una vez detectado el fallo el sistema funcionó correctamente y pudo instalarse en el vehículo (Figura 4).



Figura 3 - Partes del sistema VBOX



Figura 4 - Detalle de conexiones en la centralita en el vehículo

Toma de datos en Zona 1 (toma precisa)

Los trabajos de levantamiento preciso quedaban condicionados por la disponibilidad de productos del IGN y del IECA con ejes 3D y de las rutas de navegación contratadas. Este trabajo se realizó en un año de abundantes lluvias, que lo afectaron en gran medida. Básicamente se pueden considerar dos áreas de trabajo:

- Andalucía occidental. Donde se disponía en la fecha de realización de los trabajos de los productos del IECA y del IGN. Se han levantado partes de las siguientes provincias:
 - Huelva. En la zona central se dispone de una vía que da fácil acceso a los levantamientos, con vías de sinuosidad baja que recorren un paisaje totalmente agrícola. La sierra norte es muy distinta, abundan las carreteras secundarias, con una sinuosidad elevada y un estado relativamente malo. El paisaje es de sierra de media montaña, donde la ganadería ha estado muchas veces ocupando las vías a levantar.
 - Sevilla. La parte recorrida (zona sur) coincide en gran medida con la rivera del Guadalquivir, por lo que casi todos los tramos son rectos y largos. Muchas veces estas vías se confunden con caminos agrícolas. La distribución es muy dependiente de los canales de riego y las zonas de cultivo.
 - Cádiz. En este caso se ha recorrido casi la totalidad de la provincia incluyendo dos zonas bien diferenciadas la parte agrícola de campiña y la de montaña. El estado de las carreteras ha sido bueno, exceptuando la zona de montaña donde los temporales que existieron ese año ocasionaron numerosos cortes y afecciones a las carreteras e inconvenientes al desarrollo de nuestro trabajo.
- Andalucía oriental. Donde no se disponía de cartografía oficial y en la que se contrató la asistencia para el suministro de las trazas de navegación. Se trata de una zona bastante homogénea de campiñas de olivar en su mayoría, con una topografía y paisaje muy similares en todas las rutas. En general el estado de las vías ha sido bueno.

El objetivo de esta captura precisa era conseguir un eje medio de cada uno de los elementos muestreados. Dada la imposibilidad material de obtener este eje medio directamente en campo (p.e. intransitabilidad, seguridad vial, etc.), se ha ejecutado el método de captura en dos sentidos. Este método consiste en recorrer cada vía de comunicación de calzada simple en sus dos sentidos, uno de ida y otro de vuelta. Con estas dos trazas se determina posteriormente un eje medio aproximado. En cada sentido se ha conducido intentado mantener, a estima, el eje central del sentido del tramo por donde se transitaba.

En todo momento se utilizó el equipo Racelogic VBox3i con una frecuencia de captura de 100Hz aplicándoles correcciones diferenciales cada segundo. La posición 3D de los puntos se obtuvo tanto con las correcciones aplicadas por el sistema inercial (IMU), como sin ellas. Las correcciones diferenciales se obtuvieron mediante comunicación GPRS y conexión IP a las estaciones más cercanas de la RAP (Red Andaluza de Posicionamiento)(Figura 5). En total se han recorrido algo más de 8500 km.

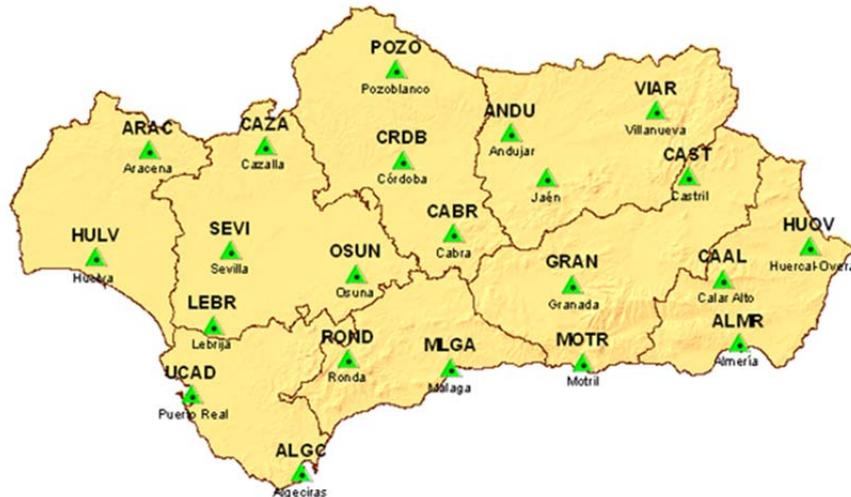


Figura 5 - Red de estaciones permanentes de Andalucía disponibles

La toma precisa de datos no estuvo exenta de incidencias. Básicamente las incidencias se corresponden a los siguientes tipos:

- Localización e identificación de la vía. La localización e identificación fehaciente de la vía a levantar ha sido problemática en algunos casos. Debido a las distintas fechas de adquisición de los datos en los productos del IGN y del IECA algunos tramos han sufrido modificaciones en uno u otro producto, o en la realidad. Otro problema ha sido el encontrar tramos que no son carreteras convencionales, sino pistas forestales, caminos agrícolas o tramos de acceso restringido. Otro aspecto importante es que en este proyecto solo se consideraba la captura de viales asfaltados, existiendo en algunos casos confusión en los productos cartográficos, al indicar que estaban asfaltados, cuando realmente no lo estaban.
- Aspectos técnicos. En este ámbito el principal problema ha sido la pérdida de cobertura GPRS necesaria para obtener las correcciones. Este aspecto sigue una componente bastante aleatoria, pero mucho más propensa a ocurrir en las zonas de montaña.
- Otros aspectos. La ocupación de la vía por el ganado o personas, y el corte de las calzadas debido a las lluvias han sido otras de las incidencias que afectaron la toma de datos. La meteorología del año de toma causó la existencia de numerosas carreteras cortadas por motivos como: creación de balsas de agua, deslizamiento del firme, deslizamiento de los desmontes y terraplenes, invasión por mantos de tierra y piedras, hundimiento de puentes, etc. De esta forma son numerosos los viales que no se pudieron levantar debido a tramos cortados, provocando que no se pudiera realizar parte de dicho tramo o la totalidad del mismo. El mal estado del firme también ha sido un gran inconveniente para la obtención de medidas del sistema IMU.

Las Figura 6, Figura 7, Figura 8 y Figura 9 muestran ejemplos de lo indicado anteriormente.



Figura 6 - Carretera de acceso privado en camino sin nombre en el Municipio de San José del Valle



Figura 7 - Ocupación de la vía



Figura 8 - Ejemplo de diversos cortes (de izquierda a derecha y de arriba abajo: CAP-4021, Antigua SE-453, CA-8201, A-5201, A-8126, CA-9101)



Figura 9 - Estado de algunas carreteras (A-493, Camino agrícola en Bornos,A-2304,MA-8407)

Los resultados de este trabajo son los que se presentan en la Figura 10. En esta figura se grafican tanto los tramos realizados como aquellos que se han dejado de capturar por problemas de acceso por culpa de los temporales de este año.

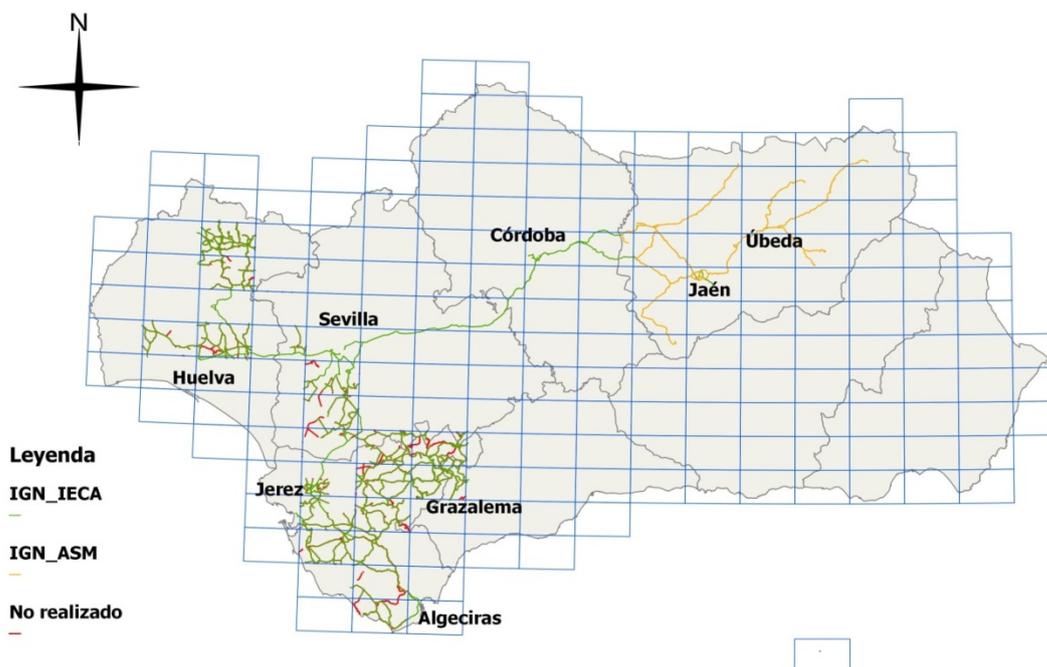


Figura 10 - Levantamiento general

Toma de datos en Zona 2 (toma de multitrizas de navegación)

La toma de datos de navegación se realiza con sistemas GNSS de bajo coste, similares a los que utiliza cualquier usuario de un sistema de navegación en su vehículo particular o de empresa (Figura 11). Con la toma de navegación se ha conseguido disponer de un

conjunto numeroso de multirutas sobre las que se investigan las posibilidades de obtención de ejes precisos.



Figura 11 – Dispositivos de navegación Columbus y Tryp Recorder 747

Para esta toma de datos se contrató la prestación de un servicio externo con la empresa de distribución de paquetería ASM, según lo dispuesto en la propuesta de solicitud del proyecto. La zona de toma de datos para este caso se corresponde con la provincia de Jaén (Figura 12) y en ella se determinaron un total de 7 rutas, sobre las que, en total se han recorrido más de 130000 km siendo válidos algo más de 32500 km (Tabla 1).

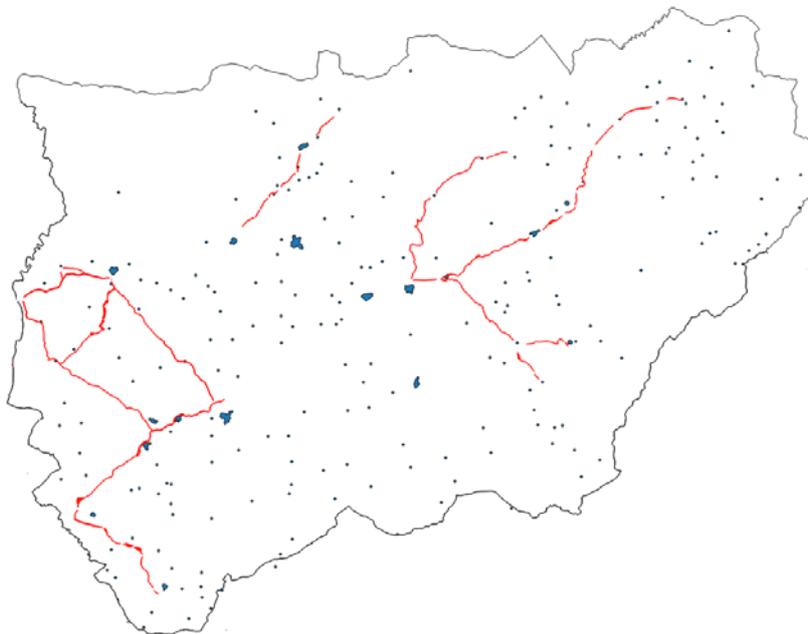


Figura 12 – Levantamiento realizado por medio de la contratación de servicios

Tabla 1 – Kilómetros válidos capturados en cada una de las rutas	
Ruta	km
1	6706
2	2796
3	2090
4	7236
5	7403
6	3482
7	3162
Total	32875

Toma de datos en Zona 3 (toma de ejes precisos con dispositivo de invención propia)

Tras la decisión de incorporar una pequeña zona de gran variabilidad como campo de pruebas y, con motivo de la necesidad de levantar a pie la plataforma de la calzada, surgió la idea de desarrollar un dispositivo que facilitara este tipo de capturas. El objetivo del dispositivo es permitir una captura más rápida que la que se realiza manualmente, para ello aporta: i) unas ruedas con vistas a desplazarse sobre la calzada, ii) un sistema de autonivelación para mantener vertical el jalón sobre el que se sitúa la antena GNSS. La Figura 13 presenta el esquema de este dispositivo y la Figura 14 un prototipo en funcionamiento. La

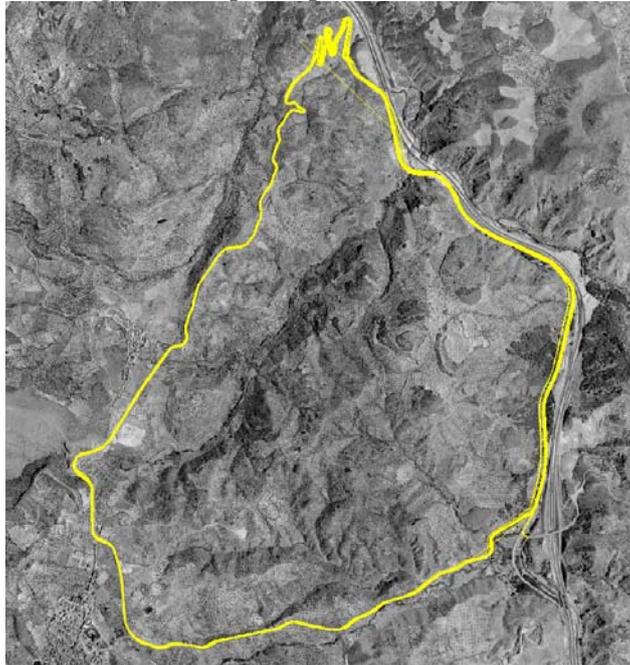


Figura 15 presenta la zona de trabajo.

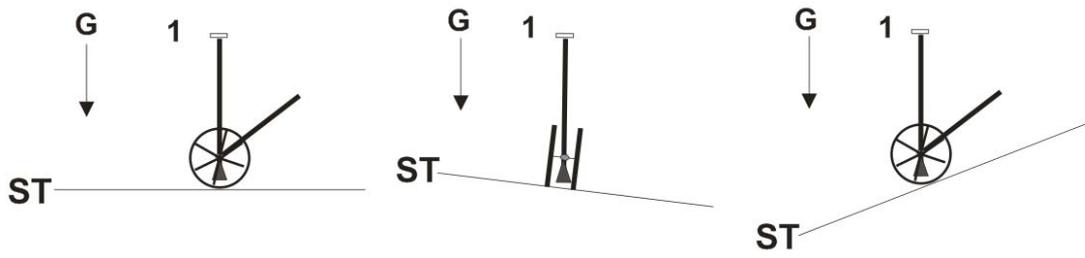


Figura 13 – Esquema de funcionamiento del dispositivo



Figura 14 – Prototipo de dispositivo trabajando en campo

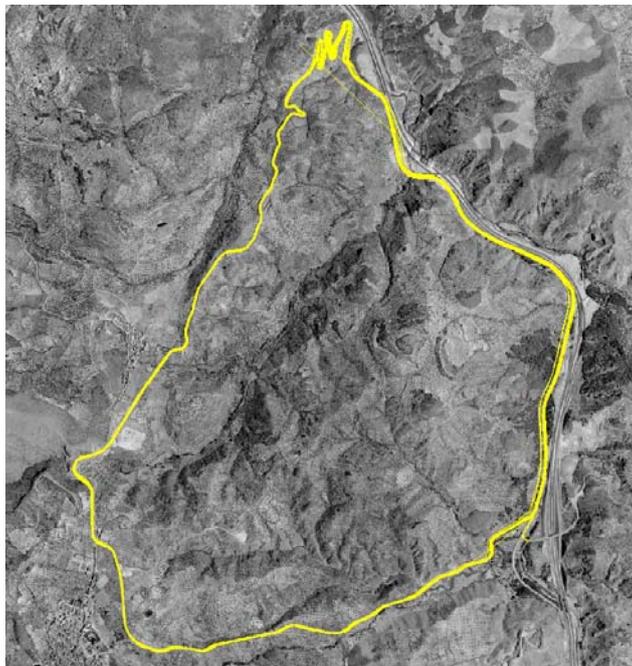


Figura 15 - Zona 3 de trabajo

EQUIPO	PASADAS (en ambos sentidos)
COLUMBUS (2 equipos simultáneos)	160
747	80
LEICA	80
RACELOGIC: IMU Y MODO DINÁMICO HIGH	20
RACELOGIC: IMU Y MODO DINÁMICO NORMAL	20
RACELOGIC: KALMAN Y MODO DINÁMICO HIGH	20
RACELOGIC: KALMAN Y MODO DINÁMICO NORMAL	20

Para el equipo Racelogic se dispondrán también de los datos sin correcciones, es decir, 40 pasadas en modo High y 40 pasadas en modo Normal

PROCESADO PRECISO

Esta actividad se centra en el procesado y depuración de los datos GNSS provenientes del levantamiento preciso (Zona 1). Como se indicó anteriormente, en total se recorrieron algo más de 8500 km, de los cuáles son útiles algo más del 50%. La Tabla 3 presenta los resultados generales kilométricos según tipo de solución en la observación obtenida. Como se ve en estos datos, la solución fija no se ha conseguido más que en un 5% de estos kilómetros, disponiendo de la solución flotante en algo más del 63%.

	Kilómetros	Porcentaje (%)
Total Recorridos	8533,243	---
Útiles	5568,243	100
RTK Off	1769,967	31,79
RTK Float	3526,748	63,34
RTK Fixed	270,528	4,86

Las Tablas 4 y 5 presentan el mismo tipo de datos para las dos sub-zonas consideradas dentro de la Zona 1. Los datos de estas tablas indican claramente un mejor comportamiento de las capturas correspondientes a Andalucía Oriental en cuanto al tipo de solución obtenida.

	Kilómetros	Porcentaje (%)
Total Recorridos	7087	---
Útiles	4372	100
RTK Off	1546	35,36
RTK Float	2686	61,45
RTK Fixed	139	3,18

	Kilómetros	Porcentaje (%)
Total Recorridos	1446,243	---
Útiles	1196,243	100
RTK Off	223,967	18,72
RTK Float	840,748	70,28
RTK Fixed	131,528	10,99

Para esta fase también estaba considerado inicialmente el procesado mediante técnicas PPP. Sin embargo, los primeros ensayos realizados con esta técnica no dieron los resultados adecuados por falta de suficiente horizonte.

AJUSTE DE EJES MEDIOS

Esta fase abarca las actividades de la solicitud relativas a: i) ajuste al eje de carretera de las Trazas-GPS y ii) ajuste al eje de carretera de las Trazas-NAV. La actividad de ajuste de un eje al conjunto de multitrazas de navegación es una de las más importantes dentro del proyecto, desde la perspectiva de la especulación y avance científico. En este caso se plantea un problema de minería de datos espaciales 3D con estructura de multitrazas GNSS, que no ha sido abordada previamente en otras investigaciones con esta perspectiva.

Ajuste al eje de carretera de las Trazas-GPS

Esta actividad se centra en la obtención de un eje medio a partir de las Trazas-GPS tomados por los arcones derecho e izquierdo de una carretera. Se aplicarán diversos métodos para referir los datos al eje de la calzada de la vía de comunicación. Este aspecto es de importancia dado que las bases de datos geográficas de escalas medias suelen incluir estos elementos por sus ejes y, por otra parte, la captura en campo no podrá realizarse, por lo general, por el eje de la calzada.

En primer lugar se requiere el emparejamiento de trazas-GPS correspondientes a una misma vía, y levantadas en sentido de ida y de vuelta. El emparejamiento se ha resuelto mediante una técnica automatizada basada en distancias con posterior supervisión. Este trabajo se aprovecha para revisar en detalle los datos y para depurar y eliminar posibles problemas presentes en los datos.

Una vez emparejadas las dos trazas-GPS correspondientes a un mismo tramo de vía, éstas se utilizan para interpolar el eje medio de la carretera, que denominamos ejes-PRE (de precisos). Los ejes-PRE son lo que se utilizarán como base de referencia en las evaluaciones de la calidad de los elementos lineales.

La determinación del eje medio (eje-PRE) entre dos trazas-GPS es un proceso de gran interés en los ámbitos de la producción cartográfica y de los SIG, donde se puede encontrar abundante bibliografía y referencias, entre ellas:

- Segmento deslizante. Se basa en el concepto de homotopía. Dadas dos trazas se establece un sistema de coordenadas local en cada una de las curvas, con la misma orientación y tal que su longitud se considera en el intervalo $[0, 1]$. De esta forma se considera el segmento de tamaño variable que se discurre uniendo posiciones

homólogas en ambas curvas y tal que el eje medio queda aproximado por la posición media del segmento deslizante. Es una solución sencilla que no siempre da buenos resultados y que requiere que las dos trazas sean bastante semejantes.

- Distancia mínima. Dada una traza A y un conjunto de puntos pertenecientes a esa traza (p.e. vértices y puntos equiespaciados entre los vértices), se considera el conjunto el segmentos de distancia mínima hasta la otra traza B. Una aproximación al eje medio es la formada por la secuencia ordenada de puntos medios de esos segmentos. En la bibliografía se propone que la interpolación sea ponderada considerando las desviaciones posicionales de los puntos que intervienen.
- Triangulación. Consiste en determinar una triangulación entre las dos trazas, en este caso el eje medio se podrá interpolar a partir de las posiciones medias de las aristas de los triángulos que van de traza a traza. Es una solución robusta si se filtra adecuadamente las trazas originales para evitar triángulos alargados, y si se constriñe adecuadamente.
- Transformación de eje medio (esqueletización topológica o *straight skeleton*). En la versión vectorial puede entenderse como el conjunto formado por los puntos de intersección del conjunto de orlados a ambas trazas y de distancias d crecientes.
- Distancia de Frèchet. Permite determinar puntos homólogos entre dos geometrías. Una vez determinados los puntos homólogos el eje medio pasa por la mitad del segmento que une esos puntos. La distancia de Frèchet requiere un proceso de cómputo costoso, pero hay algoritmos de soluciones aproximadas que funcionan de manera eficiente.

Un problema que presentan estos métodos de cálculo del eje medio en el caso del trabajo con trazas GNSS es que, debido a su dispar procedencia, estas trazas no tienen siempre la misma calidad posicional, ni una traza frente a otra, ni todos los puntos que conforman una traza dada. La inclusión de este aspecto no es sencilla en todos los casos, aunque como se ha indicado anteriormente, ya existen algunas propuestas.

En este proyecto, para la obtención del eje medio, se ha trabajado con la triangulación y con el método basado en la distancia de Frèchet (Figura 16).

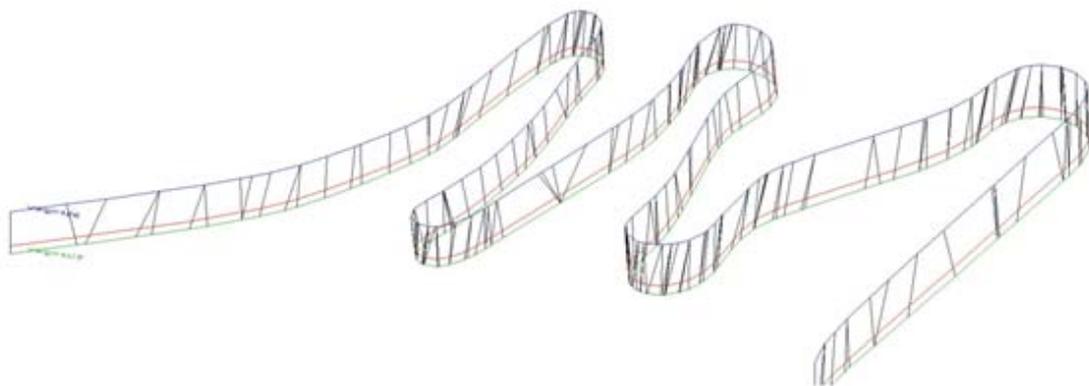


Figura 16 - Ejemplo de algoritmo de determinación de eje medio a partir de dos curvas aplicando la distancia de Frèchet

Ajuste al eje de carretera de las Trazas-NAV

Esta actividad se centra en la obtención de un eje medio a partir de la nube de puntos tubular generada por un elevado número de trazas de navegación. El problema que se plantea se puede denominar de “minería geométrica de datos”. Como se ha indicado, esta es una de las partes de mayor interés científico dentro del proyecto.

En primer lugar, antes de entrar en la obtención del eje medio, se necesita una labor manual de eliminación de la información espuria que contengan los ficheros de datos correspondientes a las trazas-NAV. Esta labor, como en el caso de la actividad anterior, manual ha sido lenta y repetitiva.

En principio, la aplicación iterativa de los métodos presentados en la actividad anterior puede ser válida para solución de este problema, pero también hay propuestas basadas en una perspectiva de agrupación o minería. Hasta la fecha la minería de geometrías de datos de tipo traza sólo se ha tratado en el caso 2D. No obstante, consideramos que las soluciones 2D ya desarrolladas son extensibles al caso 3D. Distintas propuestas en este ámbito son:

- Rasterización (*kernel density estimation*). Consiste en la rasterización de las trazas sobre una matriz de celdas 3d (*voxels*) que contabilicen el número de casos que se rasterizan en cada *voxel*. Los *voxels* que contabilicen más casos son la solución de eje medio.
- Inferencia geométrica. La inferencia geométrica consiste en aplicar técnicas estadísticas para determinar geometrías. Existen diversas técnicas dentro de la inferencia geométrica, una de las técnicas más aplicadas a este caso es la denominada "Curvas principales". Las curvas principales son una extensión -generalización- del análisis de componentes principales y la idea de auto-consistencia (posición media) al caso de la nube de puntos generada por las observaciones.
- Análisis funcional por splines. Las splines son funciones interpoladoras que se pueden aplicar tanto sobre una secuencia de puntos (p.e. en el ajuste a una traza), como a nubes de puntos (p.e. multitrazas). Las splines permiten obtener una aproximación suave y controlada por medio de sus parámetros.
- Agrupamiento (cluster). Se aplican las bases de los procesos de agrupamiento estadístico (p.e. k-medias, isodata, etc.) extendidas al trabajo sobre una secuencia ordenada. En el caso de multitrazas 2D ya existe experiencia en la aplicación del algoritmo de las k-medias.
- Modelos físicos. Existen propuestas basadas en modelos de base física en los que se consideran la presencia de “fuerzas” para procesar las trazas GNSS aproximándolas a una solución.
- Teoría de la información. Se basa en el teorema de Takens y en la información mutua o correlación que existe en las series de datos, así mediante técnicas de inmersión basadas en el retardo de coordenadas (*delay embedding*, *delay coordinates* o *lifting*) en un espacio de fases es posible obtener una aproximación que resulte topológicamente equivalente al atractor, en este caso el eje medio, eliminando ruido.

Dentro de este proyecto no se podían ensayar todas las propuestas para comprobar su comportamiento en el caso de la minería de un eje medio para datos del tipo multitrazas GNSS 3D. Las opciones elegidas y probadas son las siguientes:

- K-medias. Pertenece a la opción de los procesos de clúster estadístico. Es una solución extendida en los procesos de inferencia de mapas de carreteras. En nuestro caso se ha incluido como base de comparación para otros métodos.
- Núcleos espaciados. Es una propuesta nuestra que se basa en una modificación del algoritmo de las k-medias. Este caso se centra en la obtención del eje medio y no tanto en la detección de carriles, propia de la inferencia de mapas de carreteras, que era la idea original de las k-medias aplicadas a las multitrazas.
- B-Splines. Se han aplicado técnicas convencionales de ajuste de splines para el caso de curvas 3D. Debido a que nuestro caso (trazas GNSS) difiere notablemente (dimensión mucho mayor del problema) del ámbito CAD para el que se han desarrollado estas técnicas, se ha propuesto la mejora mediante optimización por medio de algoritmos genéticos multiobjetivos (MOGA) (Figura 17).
- Condensación. Es una propuesta nuestra de base empírica que utiliza un proceso iterativo que, paso a paso, van concentrando todos los elementos de un conjunto de multitrazas.
- P-Curvas. Se ha aplicado sobre las multitrazas esta idea consistente en la extensión del análisis de componentes principales, pero los resultados no han sido positivos.

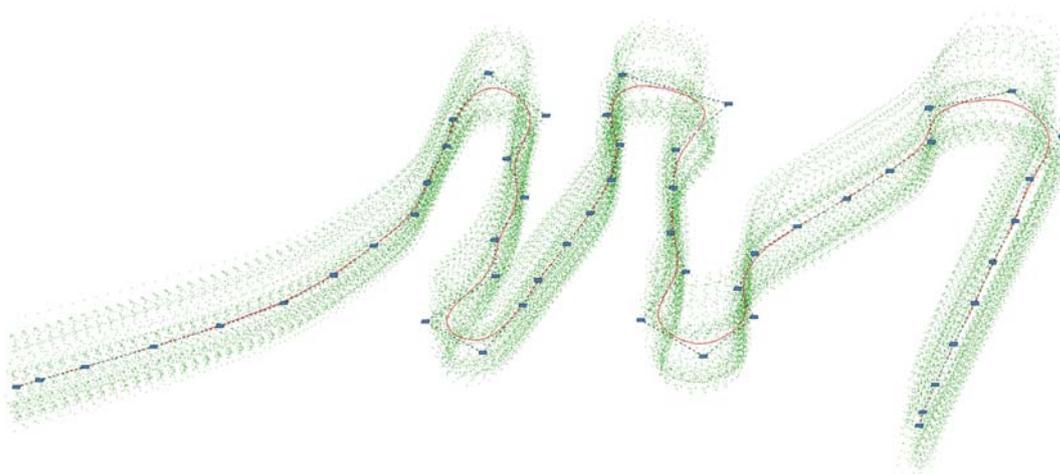


Figura 17 – Ejemplo de determinación de eje medio mediante B-Splines

Y basándonos en los métodos de determinación de promedios, se ha ensayado una extensión de la distancia de Frèchet (Figura 18).



Figura 18 – Ejemplo de determinación de eje medio mediante la determinación de la distancia de Fréchet de manera iterativa

CREACIÓN DEL BANCO DE DATOS

Esta actividad tenía dos objetivos: a) hacer inter-operativos los conjuntos de ejes disponibles para que puedan trabajar de manera conjunta, y b) enriquecer esos conjuntos de ejes para que puedan ser filtrados según diversos criterios en los procesos de simulación.

Como se ha indicado en el informe anual correspondiente a 2013 la creación del banco de datos nos resultó muy costosa. En los inicios se tuvo grandes problemas en velocidad de acceso y proceso debidos al volumen de datos. Se trataba de un problema técnico relativo a la base de datos generada para albergar los datos procedentes de productos (IGN e IECA) y de los levantamientos (Racelogic, Leica, Columbus, etc.). Esta base de datos que supera los 170 millones de puntos y miles de tramos, con un gran número de campos de información distintos. Se gestiona más de 75 GB de información. Se trata de una base de datos montada sobre PostgreSQL+GIS que no es convencional por la necesidad de gestionar multitrazas, el tiempo, etc. Las primeras consultas llevaban más de 3100 segundos (unos 50 minutos) para la recuperación de los datos de una zona de tamaño reducido (1.7 millones de elementos). Esto hacía imposible el trabajo cómodo y la extensión de las pruebas realizadas al total de la BBDD. Por este motivo se rediseño la estructura y se mejoró el hardware de almacenamiento.

Las Figura 19 a Figura 22 presenta el esquema de esta base de datos y los campos que se han utilizado para enriquecer los tramos.

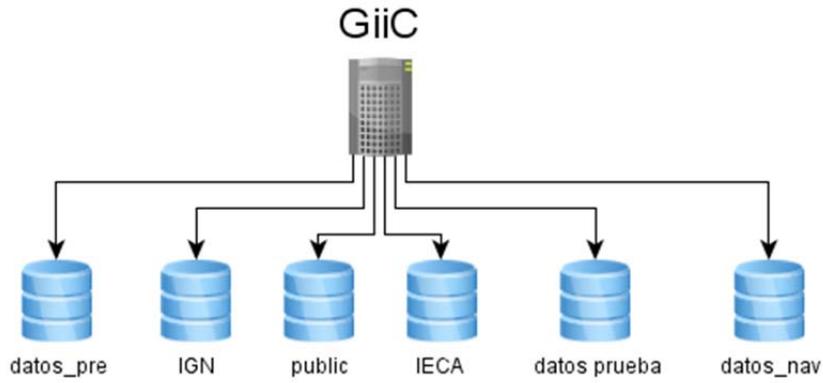


Figura 19 - Visión general de la base de datos del proyecto E3DLING

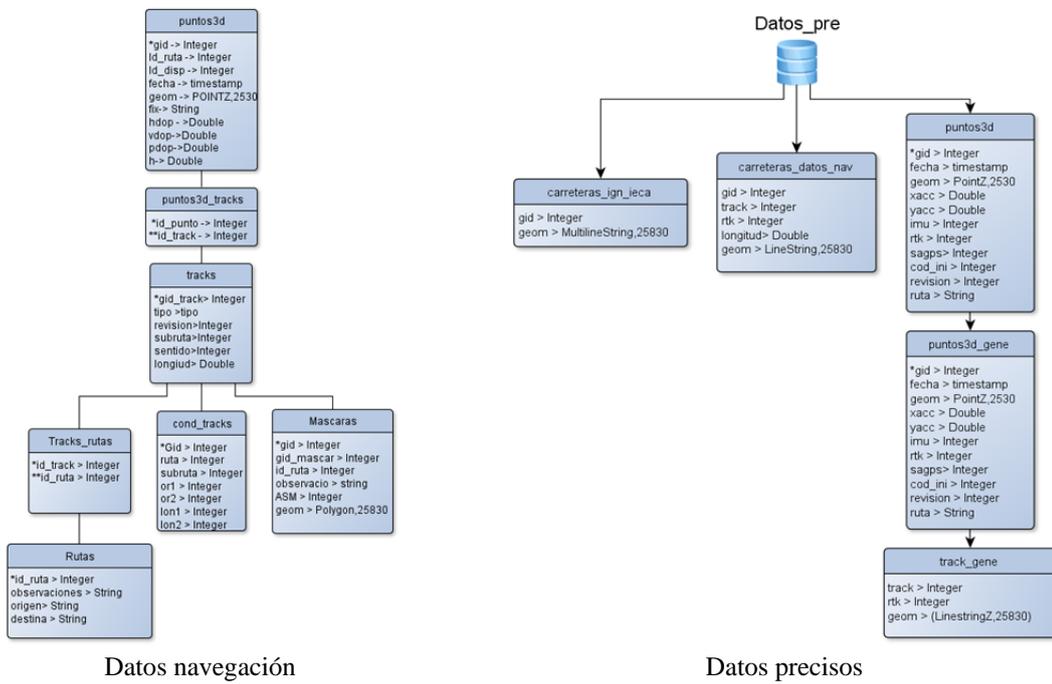


Figura 20 - Estructura de los conjuntos de datos levantados en el proyecto (conjunto de datos precisos y trazas de navegación)

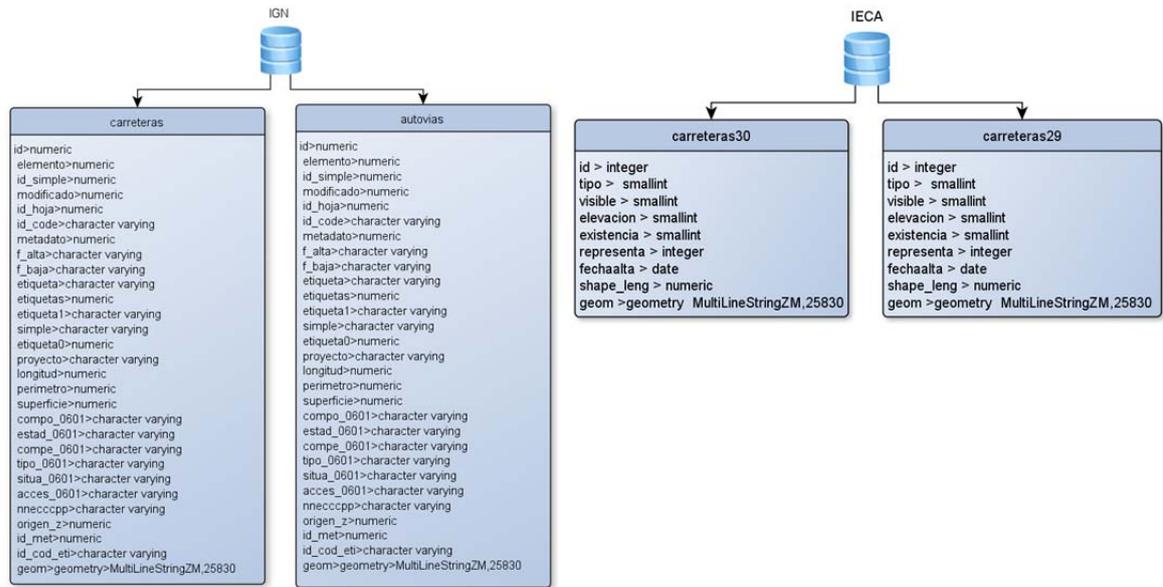


Figura 21 - Estructura de los conjuntos de datos procedentes de las instituciones cartográficas

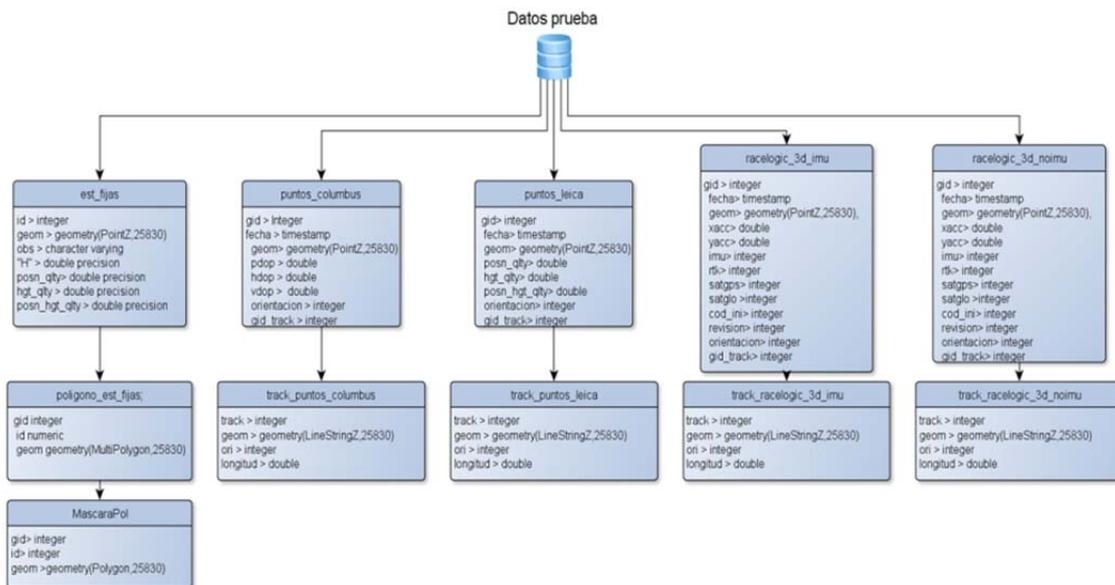


Figura 22 - Estructura del conjunto de datos para las pruebas

APLICACIÓN INFORMÁTICA

Esta actividad se ha centrado en el desarrollo de un soporte informático que permitiera: a) manejar el inmenso conjunto de datos de manera estructurada, b) realizar operaciones de limpieza de los datos, c) aplicar los métodos de evaluación de la calidad en elementos lineales, d) determinar ejes medios de multitrizas y e) realizar simulaciones. Esta herramienta se ha programado sobre Java y presenta las capacidades que se ilustran en la Figura 23 a **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

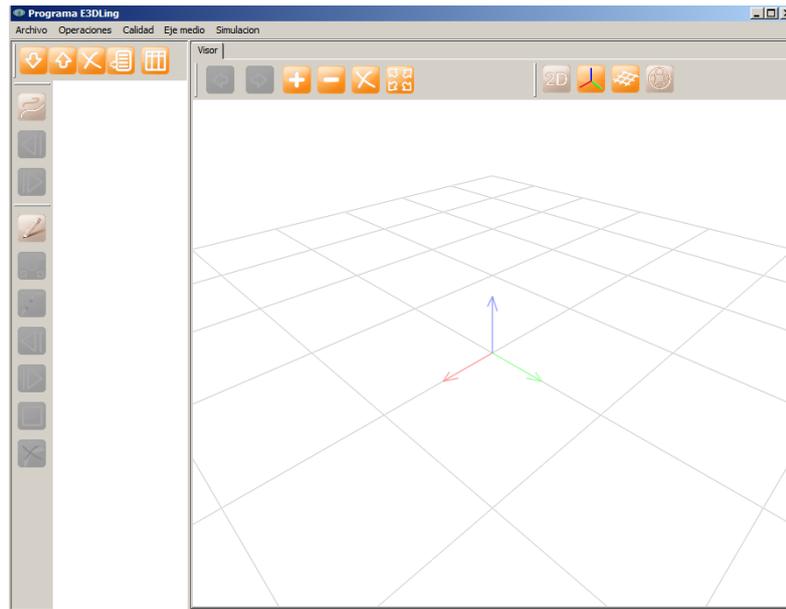


Figura 23 – Visión general de la aplicación

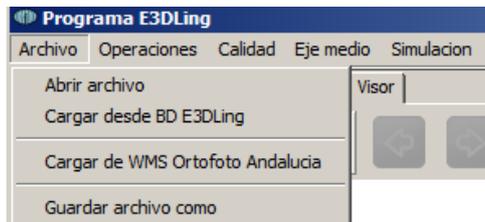


Figura 24 – Utilidades de entrada de datos

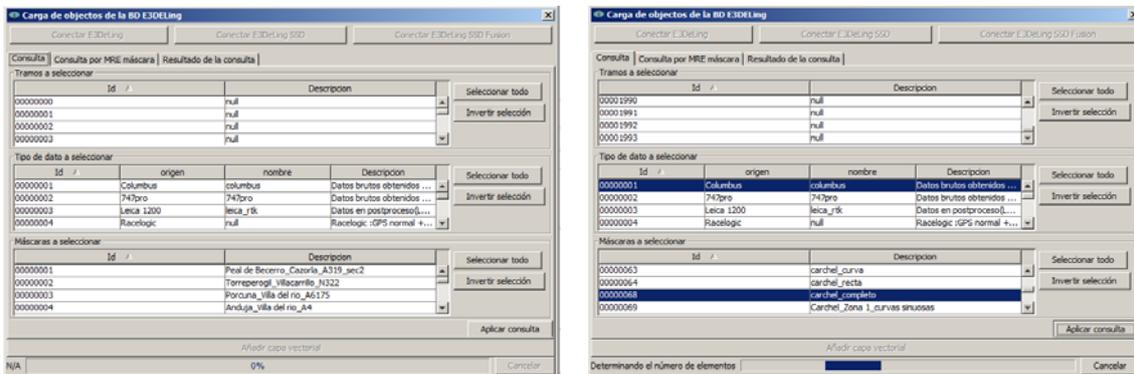


Figura 25 - Sistema de filtrado de conjuntos de datos desde la opción Archivo/Cargar desde BD E3DLing

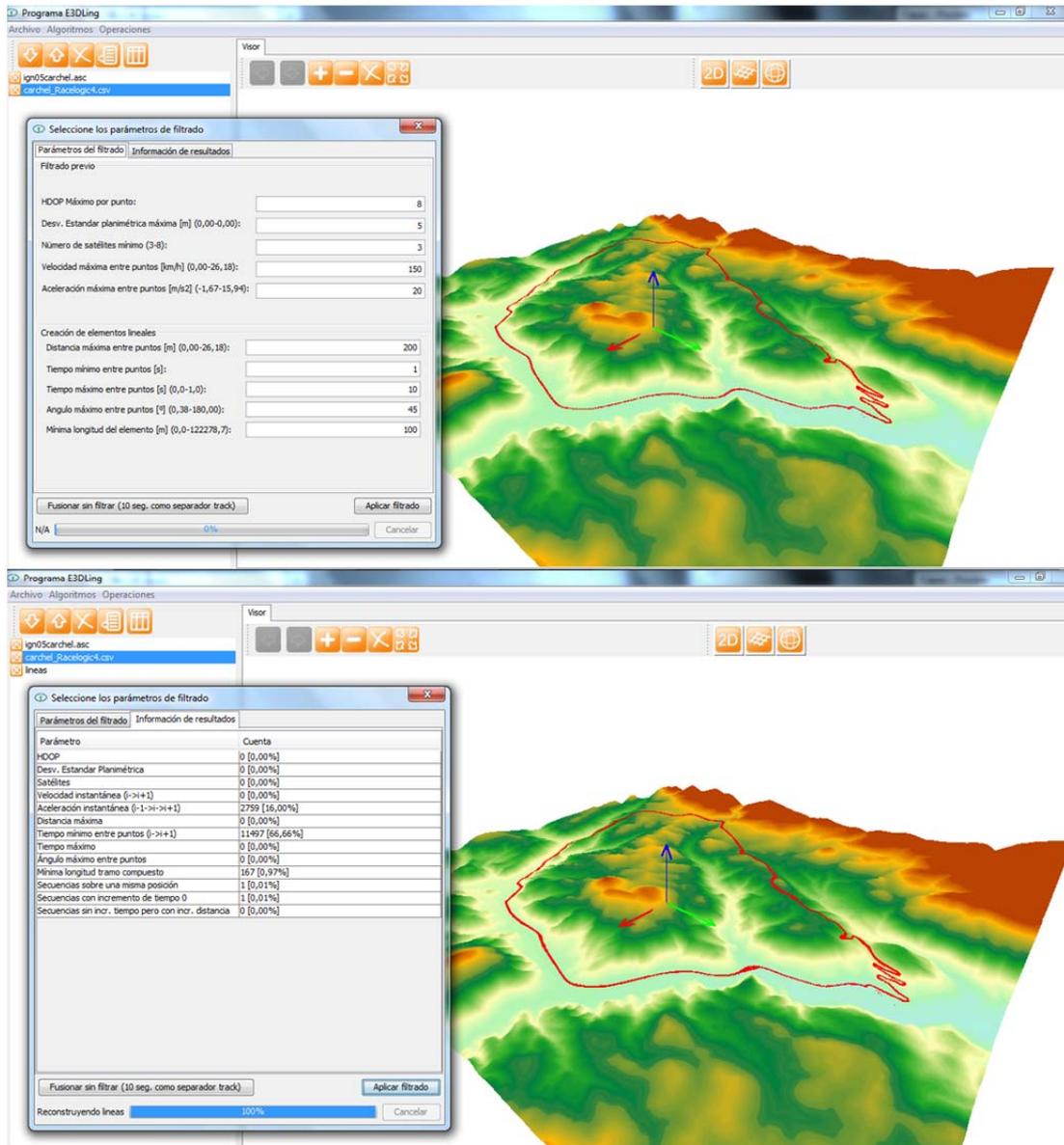


Figura 26 – Sistema de visualización 3D y filtrado de puntos en trazas GNSS



Figura 27 - Operadores para trabajar preparar las trazas



Figura 28 – Algoritmos implementados para determinar la calidad entre dos trazas

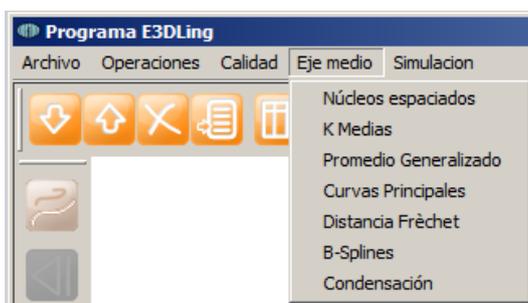


Figura 29 – Algoritmos para determinar ejes medios de conjuntos de multitrizas

RESULTADOS Y PUBLICACIONES

En la solicitud de este proyecto se planteaban los siguientes objetivos generales:

<<1. *Desarrollo de un método, aplicable por organizaciones productoras de cartografía, para la evaluación de la calidad posicional de elementos lineales 3D.*>>

y los siguientes sub-objetivos orientados a alcanzar el objetivo general anterior:

<<1.1. *Determinación de un método de campo para la captura de elementos lineales 3D que puedan servir de referencia.*

1.2. *Determinación de un método de gabinete para el procesado de los elementos lineales 3D.*

1.3. *Determinar y conocer el comportamiento de los MCPxL en el caso 3D.*

1.4. *Determinar las posibilidades de uso de las multitrectorias GPS de navegación en cuanto a su componente posicional 3D.*

1.5. *Realización de una herramienta lógica adecuada para la gestión informática de los procesos de comparación de elementos lineales 3D (elementos de control y elementos a controlar)>>*

Sinceramente, consideramos que todos estos objetivos se han alcanzado. La prueba fehaciente de ello es el conjunto de resultados que se han logrado materializar. Las tipologías de resultados son:

- Artículos.
- Comunicaciones y ponencias en congresos.
- Tesis doctorales.
- Manuales.
- Sitios Web.
- Informes y normas.
- Patentes.

La Tabla 6 presenta un resumen general de este tipo de resultados. Sin embargo, queremos destacar la relevancia de algunos de estos resultados:

- Con la idea de desarrollar un método de control posicional adecuado para elementos lineales 3D, finalmente, se ha desarrollado un método válido para cualquier tipo de geometría (1D, 2D, 3D, nD).
- El método anterior se ha plasmado en una propuesta de Norma UNE, por lo que puede convertirse en un documento normativo nacional y, a partir de aquí, pasar al ámbito de otros cuerpos normativos. Se pretende elevar esta propuesta al CTN 211 de ISO
- Se ha inventado un dispositivo para la captura, para el cual se ha desarrollado un prototipo funcional y se ha solicitado una patente que está en fase de resolución.
- El interés de este proyecto ha generado un proyecto de investigación en Brasil.

Tabla 6 - Resumen de resultados		
Tipología		
ARTÍCULOS		
Artículos publicados en revistas con revisión por pares	11	
Artículos aceptados y pendientes de publicación en revistas con revisión por pares	6	
Artículos pendientes de aceptación en revista con revisión por pares	3	
TOTAL		20
CONGRESOS		
Trabajos presentados en congresos con revisión por pares	15	
Trabajos aceptados en congresos con revisión por pares	2	
Trabajos pendientes de aceptación en congresos con revisión por pares	3	
TOTAL		20
TESIS DOCTORALES		
Presentadas	1	
En desarrollo	2	
TOTAL		3
NORMAS		
Norma UNE 148002 (para la evaluación de la calidad de datos espaciales)	1	
PATENTES		
Solicitadas	1	
ESPACIOS WEB		
Español	1	
Inglés	1	
TOTAL		2

Todos estos objetivos se han alcanzado y cubierto en el proyecto, por lo tanto el resultado final del proyecto se puede considerar “exitoso”.

En este apartado se listan y presentan todos los resultados compartidos con la sociedad y el resto de investigadores en forma de publicaciones

Artículos con revisión por pares

1. García-Balboa, J. L.; Reinoso-Gordo, J. F.; Ariza-López, F. J. (2012) Automated Assessment of Road Generalization Results by Means of an Artificial Neural Network. En *GIScience & Remote Sensing*, 49(4):558-596. → Aplica redes neuronales que serán utilizadas para la clasificación y enriquecimiento de los elementos lineales de este proyecto como elemento para los análisis.
2. Ruiz-Lendínez, J. J., Ariza-López, F.J., Ureña-Cámara, M. A. (2013). Automatic positional accuracy assessment of geospatial databases using line-based methods. En *Survey Review*, 45:332-342. DOI:10.1179/1752270613Y.0000000044. → Se plantean algunos aspectos metodológicos y estrategias que serán aplicadas en el proyecto en la parte de control.
3. Ruiz-Armenteros, A. M.; García-Balboa, J. L.; Mesa-Mingorance, J.L.; Ruiz-Lendínez, J.J.; Ramos-Galán, M.I. (2013). Contribution of instrument centring to the uncertainty of the horizontal angle. En *Survey Review*, 45(331):305-314. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270613Y.0000000041>. Desarrolla aspectos de centrado que son tenidos en cuenta en los ensayos con el instrumental del proyecto.
4. MOZAS-CALVACHE AT, UREÑA-CÁMARA MA, Pérez-García JL. (2013). Accuracy of contour lines using 3D bands. En *International Journal of Geographical Information Science*, Volume 27(12):2362-2374, DOI:10.1080/13658816.2013.801484. → Se presenta un método de control 3D de la exactitud de curvas de nivel cuyos principios también pueden ser aplicados al caso de las vías de comunicación.
5. ARIZA-LÓPEZ, F.J., RODRÍGUEZ-AVI, J. (2013). A statistical model inspired by the National Map Accuracy Standard. En *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. ISSN: 0099-1112. DOI:10.14358/PERS.80.3.000. → Se presenta las bases estadísticas de un método válido para puntos, líneas, y superficies con independencia de que las distribuciones de error sean paramétricas o no.
6. REINOSO, J.F., León, C., Mataix, J. (2013). Optical flow algorithm as estimator of horizontal discrepancy between features derived from DEMs: rivers and creeks as case study. En *Survey Review*. DOI: [10.1179/1752270613Y.0000000073](http://dx.doi.org/10.1179/1752270613Y.0000000073). → Nosotros nos centramos en el control de la calidad de la información geográfica dentro del campo de la producción, pero nuestras técnicas de control también sirven para aplicaciones ambientales, este es un ejemplo de ello. Aquí se usan las técnicas de control posicional por elementos lineales en una temática de carácter ambiental, lo que permite tener una visión más cuantitativa de la evolución de un fenómeno físico.
7. Ariza-López, F.J., Rodríguez-Avi, J.(2014). A statistical model inspired by the National Map Accuracy Standard. En *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. ISSN: 0099-1112. 80(3):271-281, DOI:10.14358/PERS.80.3.271. → Se presentan las bases estadísticas del método de control posicional basado en la idea de conteo de errores posicionales.

8. FJ. Ariza-López and J. Rodríguez-Avi (2014). A Method of Positional Quality Control Testing for 2D and 3D Line Strings. En *TGIS*, published online: 22 SEP 2014. DOI: 10.1111/tgis.12117. → Se aplica el método de control posicional basado en el conteo de errores posicionales a elementos lineales 2D y 3D, y también para puntos.
9. A.T. Mozas-Calvache and F.J. Ariza-López (2014). Detection of systematic displacements in spatial databases using linear elements. En *Cartography and Geographic Information Science*, 41(4):309-322, DOI:10.1080/15230406.2014.912153. → Se presenta una metodología basada en contrastes estadísticos para la detección de desplazamientos en elementos lineales.
10. Ariza López, F.J., Rodríguez-Avi, J. (2014). Un método estadístico general para el control posicional de datos espaciales. En *GEOFOCUS. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (14):105-119. ISSN: 1578-5157. → Se presentan las bases estadísticas del control posicional basado en el conteo de errores posicionales.
11. Gil de la Vega, P., Ariza-López, F. J., & Mozas-Calvache, A. T. (2014). Método para la comparativa de diversas configuraciones GNSS+IMU en levantamientos cinemáticos de elementos lineales 3D. En *Mapping*, 23 (165):46-55. → Se presenta un diseño de experimento y el análisis estadístico necesario para comprobar la existencia de diferencias significativas entre distintos métodos de levantamiento.

Artículos aceptados pendientes de publicar (con revisión por pares)

1. Ariza-López, F.J., Rodríguez-Avi, J.(2015). Estimating the count of completeness errors in Geographic data Sets by means of Generalized Waring Regression Model. En *IJ GScience*, aceptado, pendiente de publicar, DOI 10.1080/13658816.2015.1010536. → Propuesta de un método estadístico basado en el Modelo Waring Generalizado para el control de errores de conteo.
2. Ariza-López, F.J., Rodríguez-Avi, J.(2015). Using International Standards to Control the Positional Quality of Spatial Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. ISSN: 0099-1112. Aceptado Pendiente de publicación. → Se propone aplicar el método de control posicional basado en el conteo por medio de una norma ISO internacional.
3. Ariza López, F.J., Rodríguez-Avi, J. (2015). Aplicación de las normas ISO 2859-1 e ISO 2859-2 en el control posicional de suministros de datos espaciales, aplicación al caso de puntos y líneas. En *GEOFOCUS. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, Nº15, ISSN: 1578-5157. Aceptado, pendiente de publicación. → Se propone aplicar el método de control posicional basado en el conteo por medio de una norma ISO internacional.
4. Reinoso, J. F., Moncayo, M., Ariza-López, F. J. (2015). A new iterative algorithm for creating a mean 3D axis of a road from a set of GNSS traces. *Mathematics and Computer in Simulation (MATCOM)*. doi:10.1016/j.matcom.2014.12.003. → Se propone un algoritmo basado en la distancia de Frèchet para determinar el eje medio de un conjunto de multitrizas 3D.

5. J. J. Ruiz-Lendínez, F. J. Ariza-López and M. A. Ureña-Cámara (2015). A point based methodology for the automatic positional accuracy assessment of geospatial database. En *Survey Review*. → Se presenta las bases de la automatización del control posicional.
6. Gil de la Vega, P., Ariza-López, F. J., & Mozas-Calvache, A.T (2015). Desarrollo de un algoritmo para la obtención de un eje medio a partir de conjuntos multitrazas GNSS 3d. Mapping. **Aceptado, Pendiente de publicación.** → Se presenta y desarrolla el método de núcleos espaciados que se ha propuesto para la determinación de ejes medios de conjuntos de multitrazas.

Artículos enviados a revistas y pendientes de aceptación (con revisión por pares)

1. Gil de la Vega, P., Ariza-López, F. J., & Mozas-Calvache, A. T. (in review). Models for positional accuracy assessment of linear features 2D and 3D cases. En *Survey Review*. **Pendiente de aceptación.** → Se realiza una revisión completa de los modelos propuestos para gestionar la incertidumbre posicional en elementos lineales 3D.
2. Reinoso-Gordo, J. F., Ariza-López, F. J., Barrera, D., Gómez-Blanco, A. (in review) A fitted B-spline method to derive a representative 3D axis from a set of multiple road traces. En *GEOCARTO INTERNATIONAL*, **Pendiente de aceptación.** → Se propone el ajuste de b-Splines a conjuntos de puntos multitrazas GNSS la optimización del proceso para la obtención de un eje medio.
3. Mozas-Calvache, A. T.; Ariza-López, F. J. (in review). An iterative method for obtaining a mean 3D axis from GNSS traces for use in positional controls. *Transactions in GIS* (Online ISSN: 1467-9671). 2ª revisión. **Pendiente de aceptación.** → Se propone un método iterativo de condensación para determinar un eje medio de un conjunto de multitrazas GNSS.

Congresos, ponencias presentadas en congresos con revisión por pares

Congreso: Congreso Iberoamericano de Geomática y Ciencias de la Tierra, Madrid, Octubre 2012.

Tipo: Oral

Autores: ARIZA-LÓPEZ, F.J., GARCÍA-BALBOA, J.L., UREÑA-CÁMARA, M.A., REINOSO-GORDO, J.F.

1. Título: Metodología para la evaluación de la calidad de elementos lineales 3D.
Publicada en libro de actas

Congreso: The 5th International Conference on Approximation Methods and Numerical Modeling in Environment and Natural Resources MAMERN, Granada 2013.

Tipo: Oral

Autores: REINOSO-GORDO, J.F.; Moncayo-Hormigo, M.; ARIZA-LÓPEZ, F.J.

2. Título: Comparing methods to improve precision in axis road determination supported by B-spline fitting.
Publicada en libro de actas

Congreso: International Cartographic Conference, Dresden, 2013.

Tipo: Oral

Autores: Mozas-Calvache AT, UREÑA-CÁMARA MA, ARIZA-LÓPEZ, F.J.

3. Título: Methodology for analyzing multi-temporal planimetric Changes of river channels. → Nosotros nos centramos en el control de la calidad de la información geográfica dentro del campo de la producción, pero nuestras técnicas de control también sirven para aplicaciones ambientales, este es un ejemplo de ello. Se usan las técnicas de control posicional por elementos lineales en una temática de carácter ambiental, lo que permite tener una visión más cuantitativa de la evolución de un fenómeno físico.

Congreso: 7^a Asamblea hispano portuguesa de geodesia y geofísica, Donostia-San Sebastián 25-29 de junio de 2012

Tipo: Oral

Autores: Agea Z., ZURUTUZA, J., Sevilla M. J., Ruiz M. C.

4. Título: Aplicación PPP para la determinación de Posiciones y Velocidades. → Se presenta una aplicación desarrollada para el tratamiento PPP de datos GNSS. Publicada en libro de actas: [CD-ROM]. J. Zurutuza (E). Donostia: Aranzadi Zientzia Elkarte, 2013. ISBN: 978-84-941323-1-5.

Congreso: 5th International Conference on approximation methods and numerical modelling in environment and natural resources. MAMERN 2013

Tipo: Oral

Autores: Reinoso, J. F., Ariza, F. J., Moncayo, M.

5. Título: A comparative of methods to improve the precision in axis road's determination supported by B-spline fitting. → Se comparan diversos métodos en orden a analizar su comportamiento a la hora de ajustar una B-Splines. Publicada en libro de actas: Proceedings of the 5th International Conference on Approximation Methods and Numerical Modelling in Environment and Natural Resources;MAMERN'13, Granada, Spain, April 22-25, 2013 ; B. Amaziane, D. Barrera, J. Martínez-Aroza, A. Palomares, D. Sbibih (eds.); ISBN: 978-84-338-5505-3.

Congreso: 26th International Cartographic Conference August 25-30, 2013, Dresden, Germany

Tipo: Oral

Autores: MOZAS-CALVACHE AT, UREÑA-CÁMARA MA, ARIZA-LÓPEZ, F.J.

6. Título: Methodology for analyzing multi-temporal planimetric Changes of river channels. → Nosotros nos centramos en el control de la calidad de la información geográfica dentro del campo de la producción, pero nuestras técnicas de control también sirven para aplicaciones ambientales, este es un ejemplo de ello.
Publicada en libro de actas

Congreso: CIGMA 2013 Conferencia Internacional de Geografía y Medio Ambiente, Octubre 7-9, Méjico DF, Méjico.

Tipo: Oral (**Invitado**)

Autores: Ariza-López, F.J.

7. Título: Calidad de la Información Geográfica: Perspectivas de futuro. → Es una presentación general de las perspectivas de futuro relativas a la calidad de la información geográfica donde el control posicional por elementos lineales 3D también está presente.

Congreso: *11th symposium on location based services* Vienna 26-28 November 2014.

Tipo: Oral:

Manuel A. Ureña-Cámara, Francisco J. Ariza-López, Antonio T. Mozas-Calvache (2014).

8. Título: A proposal for obtaining 3D tracks based on multiple non-geodesic GNSS. → Se analizan los problemas en el trabajo con multitrizas GNSS y se propone un método de filtrado de datos.
Publicada en libro de actas

Congreso: *Spatial Accuracy 2014*, Michigan (EEUU), Julio, 2014

Tipo: Oral

Ariza-López, F.J.; Rodríguez-Avi, J. (2014).

9. Título: A statistical model for positional quality control of spatial data. → Se propone un método estadístico de control posicional basado en la idea de defectuoso posicional.
Publicada en libro de actas

Tipo: Póster:

Ariza-López, F.J.; Rodríguez-Avi, J. (2014).

10. Título: Simulation for estimating the probability of positional errors greater than a tolerance in a mixture of parametric models. *Spatial Accuracy 2014*, Michigan (EEUU), Fecha: Julio, 2014. → Se estudia por simulación el comportamiento del error posicional en mixtura de funciones de distribución paramétricas.
Publicada en libro de actas

Tipo: Póster:

Ariza-López, F.J.; Rodríguez-Avi, J.; Reinoso-Gordo, J.F. (2014).

11. Título: An approximation to outliers in GNSS traces. *Spatial Accuracy 2014*, Michigan (EEUU), Julio, 2014. → Se propone un conjunto de análisis para determinar la presencia de atípicos en los conjuntos de trazas GNSS.
Publicada en libro de actas

Congreso: *International workshop of spatial data quality*, Malta, 20th to 21st January 2015.

Tipo: Oral:

Rodríguez-Avi, J. Ariza-López, F.J.; (2015).

12. Título: Application of the International Standards ISO 2859-1 and 2859-2 in positional quality control of spatial data. → Se propone aplicar el método de control posicional basado en el conteo por medio de una norma ISO internacional

Congreso: *XVI Congreso nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*, 2014, Alicante.

Tipo: Oral

Gil de la Vega, P., Ariza-López, F. J., & Mozas-Calvache, A. T. (2014).

13. Título: Núcleos espaciados: algoritmo para la determinación de un eje medio a partir de multitrizas GNSS 3D. XVI Congreso nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, (págs. 565-571). Alicante. → Se propone una modificación del algoritmo de las k-medias como forma de determinación de un eje medio de un conjunto de multitrizas GNSS.

Publicada en libro de actas

Tipo: Oral

Ariza López F.J., Mozas Calvache A.T., Gil de la Vega P. (2014).

14. Título: Tratamiento de multitrizas GNSS 3D para la obtención de ejes medios. XVI Congreso nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, (págs. 557-563). Alicante. → Se analiza la problemática de trabajar con multitrizas GNSS y se revisan las principales opciones para extraer ejes medios de parejas de curvas y derivar ejes de conjuntos de multitrizas.

Publicada en libro de actas

Tipo: Oral

Mozas Calvache A.T., Ariza López F.J., Gil de la Vega P. (2014).

15. Título: Métricas para el control posicional 3D de bases geoespaciales mediante elementos lineales. XVI Congreso nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, (págs. 571-578). Alicante. → Se proponen y analizan distintas métricas para evaluar la componente posicional 3D de trazas GNSS 3D.

Publicada en libro de actas

Congresos futuros: comunicaciones y ponencias aceptadas con revisión por pares para su presentación en futuros congresos

Congreso: *Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences (MCO 2015)*.

Tipo: Oral

Ariza-López, Barrera, D., Reinoso-Gordo, J. F., Romero-Zaliz, R. (2015).

1. Título: Inferring mean road axis from big data: sorted points cloud belonging to traces. *Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences (MCO 2015)*. <http://www.lita.univ-lorraine.fr/iccsama2015/MCO/>. Aceptado. → Se propone la aplicación de un método basado en B-Splines para determinar el eje medio de un conjunto de multitrizas GNSS.

Congreso: *Quatri`eme Congr`es de la SM2A*

Tipo: Oral

D. Barrera, J.F. Reinoso, R. Romero-Zaliz (2015).

2. Título: Fitting B-spline curves for inferring road mean axis from multiple GPS traces. *Quatri`eme Congr`es de la SM2A*, Oujda-Maroc, 12-14 F`evrier 2015. → Se propone la aplicación de un método basado en B-Splines y optimización para determinar el eje medio de un conjunto de multitrizas GNSS.

Congresos futuros: comunicaciones y ponencias pendientes de aceptación para su presentación en futuros congresos (revisión por pares)

Congreso: CMMSE 2015: 15th International Conference Computational and mathematical methods in Science and Engineering.

Tipo: Oral (**pendiente de aceptación**)

Autores: F.J. Ariza-López, D. Barrera and J.F. Reinoso (2015).

1. Título: Fitted B-splines help Mapmakers to define Roads. → Se propone un método de ajuste de B-Splines a conjuntos de multitrizas GNSS.

Congreso: AGILE 2015, 9-12 June 2015 - Lisbon, Portugal

Tipo: Oral (**pendiente de aceptación**)

Gil de la Vega, P., Ariza-López, F. J., & Mozas-Calvache, A. T. (2015).

2. Título: Problems of GNSS tracks from volunteered geographic information. → Se analizan los problemas que presentan las multitrizas GNSS que proceden de voluntarios.

Tipo: Oral (**pendiente de aceptación**)

Gil de la Vega, P., Ariza-López, F. J., & Mozas-Calvache, A. T. (2015).

3. Título: Detection of outliers in sets of GNSS tracks from volunteered geographic information- → Se presenta un método para la detección de atípicos en conjuntos de multitrizas.

Tesis doctorales defendidas

Título: Automatización del control de calidad posicional en cartografía

Doctorando: Ruiz Lendínez, Juan José

Director(es): Ariza López, F.J., Ureña Cámara, M.A.

Universidad: Universidad de Jaén

Facultad / Escuela: EPS (UJA)

Calificación: Sobresaliente *Cum Laude* por Unanimidad

Esta tesis desarrolla algunos aspectos de automatización de los procesos de control de la calidad posicional usando elementos puntuales y lineales (poligonales). Algunos aspectos relativos a los controles lineales serán de aplicación en este proyecto.

Tesis doctorales en ejecución

Título: Generación de ejes precisos 3D a partir de multitrizas GNSS y control posicional

Doctorando: Gil de la Vega, Paula

Director(es): Ariza López, F.J., Mozas Calvache, A.T.

Universidad: Universidad de Jaén

Facultad / Escuela: EPS (UJA)

Esta tesis la está desarrollando la becaria asignada al proyecto. La temática de la tesis coincide con la del proyecto E3DELING.

Título: Automatic Evaluation of geospatial data quality using web services

Doctorando: Magnus Arauxo, Emerson

Director(es): Ariza López, F.J., Ureña Cámara, M.A.

Universidad: Universidad de Jaén

Facultad / Escuela: EPS (UJA)

Esta tesis utiliza parte del conocimiento adquirido en el proyecto para desarrollar servicios de procesamiento automatizados de evaluación de la calidad.

Espacios Web

Ariza-López, F.J. (2012). E3DELING: Evaluación 3D de Elementos Lineales de Información Geográfica. Recurso web. Accesible en <http://coello.ujaen.es/proyectos/e3deling>

Este recurso se ha actualizado anualmente para recoger los avances del proyecto.

Manuales

Ariza-López, F.J. (Ed) (2013). Fundamentos de Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica. Universidad de Jaén, ISBN: 9788484398134. → Es un manual técnico universitario que presenta una visión amplia de la temática. Algunos contenidos están directamente relacionados con el proyecto.

Patentes

Ariza-López FJ, García-Balboa JL, Ureña-Cámara MA. Dispositivo autonivelado para el levantamiento GNSS de elementos lineales. Número de solicitud: P201431920, Fecha de recepción: 23 diciembre 2014, 12:35 (CET). OEPM. → Se ha propuesto un mecanismo basado en un péndulo invertido para mantener la antena GNSS siempre en posición vertical.