

## ANÁLISIS DE CONJUNTOS DE MULTITRAZAS GNSS PROCEDENTES DE RUTAS DE SERVICIOS DE PAQUETERÍA

Paula Gil-De-La-Vega, Francisco J. Ariza-López, Antonio T. Mozas-Calvache

Universidad de Jaén, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Campus Las Lagunillas, s/n, 23071, Jaén, España. [pgil@ujaen.es](mailto:pgil@ujaen.es)

### RESUMEN

Las agencias de paquetería realizan diariamente desplazamientos a través de las vías de comunicación. Estos desplazamientos podrían ser aprovechados para capturar trazas GNSS mediante la colocación de equipos GPS-tracklog en los coches que forman las flotas de estas agencias. De esta manera, se recopilarían grandes cantidades de información geográfica que, tratada de forma adecuada, puede ser utilizada en diferentes procesos de producción cartográfica, como por ejemplo la creación y/o actualización de mapas de carreteras. En este trabajo se expone la experiencia sobre un caso real de la utilización de una agencia de mensajería para la obtención de multitrizas GNSS, dando a conocer tasas reales de cobertura y de rendimiento temporal.

**Palabras clave:** VGI; multitrizas GNSS; agencias de paquetería.

### ABSTRACT

The delivery companies perform daily road trips. These trips could be harnessed to capture GNSS tracks by placing GPS-tracklog equipment in cars that are the fleets of these agencies. On this way, it could collect large amounts of geographic information. With a proper treatment of this information, it could be used in different cartographic production processes, as creation of new road maps or updating existing ones. In this work, we show our experience getting GNSS multitracks using a delivery company, giving some results about real covering rates and temporal efficiency.

**Keywords:** VGI; GNSS multitracks; package delivery companies.

### 1. INTRODUCCIÓN

El rol que el público en general ha tenido frente a la Información Geográfica (IG) ha cambiado de forma significativa gracias a las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), los globos virtuales, o los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS), pasando de ser meros consumidores o usuarios a productores (Ruiz Almar, 2010). La IG creada o recogida por este público fue denominada "Información Geográfica Voluntaria" (VGI, del inglés "Volunteered Geographical Information") por Goodchild (2007). La VGI puede ser utilizada en diferentes procesos de producción cartográfica, como por ejemplo la creación y/o actualización de mapas de carreteras o en procesos de control de calidad posicional basados en línea (Gil-de la Vega et al. 2016).

Dentro de la VGI, las agencias de transporte (ASM, MRW, Correos, Seur, etc.) pueden suponer una gran oportunidad para la obtención de IG dado que, diariamente, desplazan sus vehículos por las carreteras de todo el mundo. El volumen de desplazamientos de este tipo de agencias está en aumento, gracias en gran medida al aumento del comercio electrónico (Fernández-Portillo et al., 2015). Con la colocación de navegadores GNSS en sus flotas, se podrían obtener diariamente trazas de objetos del mundo real sin la necesidad de realizar levantamientos específicos.

Estas trazas por sí solas, no tienen un gran valor desde el punto de vista cartográfico, dada la falta de rigor en su captura y la escasa exactitud de los equipos de captura (Zhang y Sester, 2010). Pero se da la peculiaridad de que las agencias de transporte suelen cubrir los mismos trayectos muchas veces, de modo que se pueden obtener numerosas trazas pertenecientes al mismo tramo de vía (Cao y Krumm, 2009). A partir de estos

conjuntos de multitrazas se pueden derivar trazas de mayor exactitud si se procesan de forma adecuada a través de la minería de datos espacial (Ariza-López et al., 2014), donde la cantidad puede soslayar la inicial falta de calidad posicional individual.

En este trabajo, se realiza un análisis de los conjuntos de multitrazas GNSS generados por una empresa de paquetería en diversas rutas en la provincia de Jaén. El análisis se centra en determinar y caracterizar el rendimiento temporal y las tasas efectivas de cobertura de los tramos de carreteras utilizados en el estudio.

Este trabajo se estructura en las secciones que se citan a continuación. En primer lugar, se revisa el estado de la cuestión que se trata. Luego, se lleva a cabo una caracterización espacial del área de estudio considerada. A continuación, se concreta la metodología adoptada en la investigación. Los resultados obtenidos se analizan en la siguiente sección y, finalmente, se incluyen las conclusiones alcanzadas en este trabajo.

## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 2.1 Multitrazas GNSS

En este trabajo, se entiende por elementos multitrazas GNSS 3D (Figura 1) a los conjuntos ( $T$ ) de trazas ( $t_i$ ) formadas por vértices ( $V_j$ ) tridimensionales. Todas las trazas que forman el conjunto representan el mismo elemento lineal, de modo que tienen un principio y un fin próximo. Las trazas pueden haber sido capturadas utilizando diferentes medios de transporte (coche, bicicleta, tren, etc.) sobre diversos elementos lineales (carreteras, caminos, vías de tren, carriles bici, etc.). Este trabajo se centra en trazas capturadas con el equipo de captura situado en un coche que se desplaza sobre diferentes tipos de carreteras.

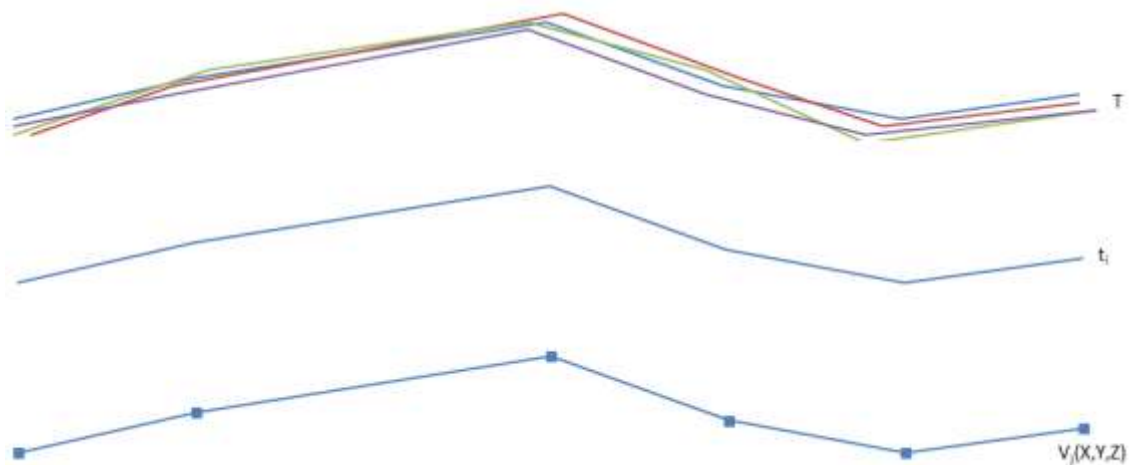


Figura 1. Multitrazas GNSS 3D. Elaboración propia.

La precisión alcanzada en la captura de cada traza depende, entre otras cosas, del tipo de receptor GNSS que se utilice y de la zona concreta donde se realiza la captura de datos GNSS. Los receptores de navegación o tracklog tienen una precisión de 6 a 10 metros en condiciones normales (Zhang y Sester, 2010). Este tipo de receptores son los que se utilizan, en la mayoría de los casos, en las Bases de Datos Geográficas (BDG) constituidas por VGI, y en los conjuntos utilizados en este estudio.

## 3. ÁMBITO DE ESTUDIO

La zona elegida para la realización del estudio son 15 tramos de carreteras situadas en la provincia de Jaén y distribuidas espacialmente como se muestra en la Figura 2. Se trata de 245km de tramos de carreteras interurbanas entre distintas localidades de la provincia de Jaén. Estos tramos son elegidos en función de las rutas de reparto de las agencias que ASM tiene localizadas en los municipios de Jaén, Andújar y Úbeda.

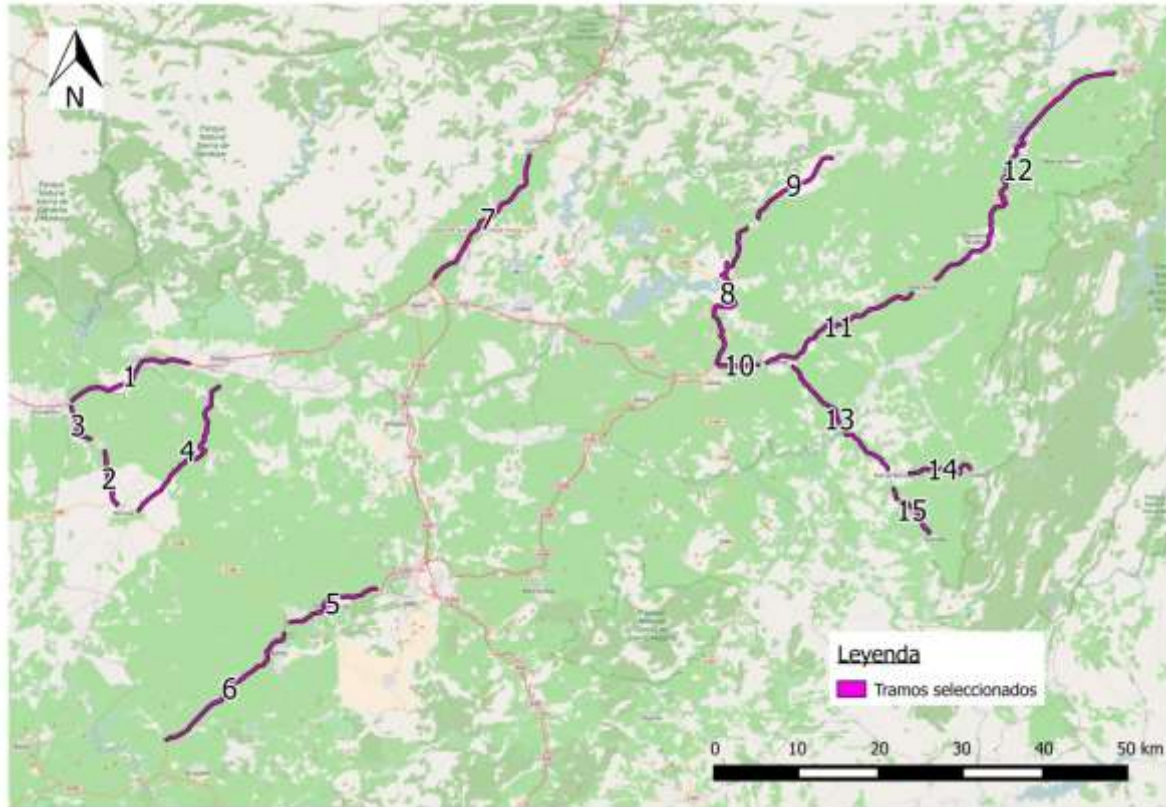


Figura 2. Mapa de localización de la zona de estudio (Elaboración propia con mapa de fondo OpenStreetMap).

Los 15 tramos seleccionados representan diferentes tipologías de carreteras: autovías, nacionales, autonómicas y locales. En la Tabla 1 se recoge el porcentaje con respecto al total de los 245km y cuántos tramos pertenecen a cada tipo de carretera considerado. Los tramos por carreteras autonómicas son los más abundantes ya que estos son los que vertebran el territorio y acceden a un mayor número de poblaciones. Esto es lógico si se tiene en cuenta que las rutas de reparto deben de llegar a un gran número de localidades, y es por ello que necesita recurrir a tipos de vía que, a priori, no son tan cómodas y seguras como las autovías y las carreteras nacionales.

Tipo de Vía	Porcentaje	Número de tramos
Autovía	16%	2
Nacional	27%	3
Autonómica	47%	9
Local	10%	1

Tabla 1. Distribución de los tramos de carreteras en función de la tipología.

## 4. METODOLOGÍA

La realización de este estudio se estructura en los pasos que se detallan a continuación.

### 4.1 Captura de los conjuntos multitrizas GNSS.

Para la obtención de los conjuntos multitrizas se realiza un levantamiento posicional de vías de comunicación terrestres capturando por técnicas GNSS mediante sistemas GPS-tracklog. Cada vía de comunicación se captura en ambos sentidos. El número de pasadas para cada uno de los tramos considerados es de 100 (50 pasadas de ida y 50 pasadas de vuelta). Aunque existen estudios que consideran que con 10 pasadas se puede obtener una traza media de calidad (Mozas-Calvache y Ariza-López, 2016), las trazas en este estudio no se han

captura de forma tan rigurosa como en el citado estudio, y por ello que se aumenta el número de trazas necesarias.

El dispositivo GPS-tracklog se coloca en el salpicadero de cada uno de los vehículos (Figura 3) que realizan los tramos seleccionados. La fijación del dispositivo al salpicadero se hace de una forma sencilla, con la colocación de un velcro adhesivo. El conductor sólo se tiene que encargar de encenderlo y apagarlo al comenzar y finalizar la jornada. El almacenamiento de los datos se realiza en unas tarjetas de 4Gb, lo que permite que los dispositivos funcionen durante muchos días. Por lo tanto, la implicación por parte de los trabajadores de la agencia es mínima y en ningún momento interfiere con su trabajo.



**Figura 3.** Dispositivo GPS-tracklog situado sobre el salpicadero. Fotografía del fabricante: Columbus V-990.

La frecuencia de captura configurada en el dispositivo es 1Hz, es decir, que cada segundo captura una posición. Además de la información geométrica, coordenadas X, Y, Z, en cada posición se almacena la fecha y el tiempo de captura (hora, minuto y segundo), que es la información necesaria para la construcción de las trazas.

#### **4.2 Formación de los conjuntos multitrazas GNSS.**

Los datos capturados y almacenados por los tracklog son muchos más que los pertenecientes a los tramos seleccionados. Por lo tanto, en primer lugar se construyen polígonos (Figura 2) que incluyen los tramos objeto de este estudio y se seleccionan las posiciones que están dentro.

A continuación, se forman las trazas a partir de la componente temporal de los vértices. Las trazas se forman con los vértices que, para una determinada fecha (día), estén tomados en instantes consecutivos. Para evitar posibles pequeñas pérdidas de señal, se consideran dos instantes consecutivos entre dos posiciones si no hay una diferencia mayor de 4 segundos. Además, si en un mismo día se ha realizado una pasada de ida y otra de vuelta, para cada una de ellas se forma una traza independiente.

En la formación de los conjuntos multitrazas, ocurre que no todas las trazas cubren el tramo por completo (Figura 4) debido a que durante el reparto el conductor se haya salido de la carretera a realizar repartos. Por lo tanto, para cada conjunto multitrazas, tendremos un conjunto de trazas completas y, para aquellos tramos que lo requieran, uno o varios conjuntos de trazas incompletas correspondientes a determinadas secciones de los tramos.

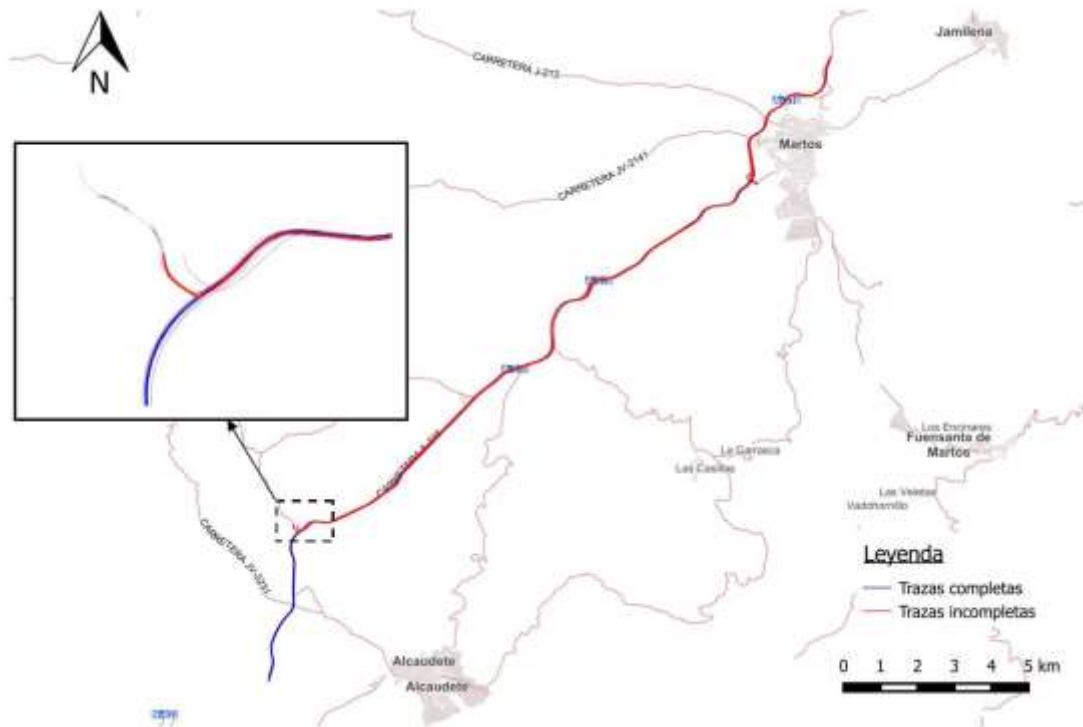


Figura 4. Trazas completas e incompletas del tramo 6. Fuente: Elaboración propia sobre CartoCiudad (Instituto Geográfico Nacional).

### 4.3 Análisis de los conjuntos multitrizas GNSS.

En el análisis de los conjuntos multitrizas GNSS, se pretende establecer las tasas efectivas de cubrición y el rendimiento temporal alcanzados para cada tramo analizado. Para ello, se cuantifican dos medidas:

1. PORCENTAJE DE CUBRICIÓN: en este trabajo se considera que el conjunto multitrizas cubre completamente el tramo que representa si se dispone de al menos 50 trazas en cada sentido. Un porcentaje del 100% o mayor indica que se ha cubierto el tramo con el número de trazas igual o mayor al esperado. Se distingue entre:

- PORCENTAJE CUBRICIÓN IDA (1): el es resultado de dividir el número de trazas de ida ( $N_{ti}$ ) entre 50.

$$PC_i = \frac{N_{ti}}{50} \quad (1)$$

- PORCENTAJE CUBRICIÓN VUELTA (2): el es resultado de dividir el número de trazas de vuelta ( $N_{tv}$ ) entre 50.

$$PC_v = \frac{N_{tv}}{50} \quad (2)$$

- PORCENTAJE CUBRICIÓN MEDIO (3): es el valor medio del porcentaje de cubrición de ida y el porcentaje de cubrición de vuelta.

$$PC_m = \frac{PC_i + PC_v}{2} \quad (3)$$

2. RENDIMIENTO TEMPORAL: esta medida indica el tiempo (en días laborables) que se tarda en obtener cada una de las trazas que forman los conjuntos multitrizas. Esta medida se determina como diferencia de días laborables entre la traza más reciente ( $F_f$ ) y la traza más antigua ( $F_0$ ) entre el número de trazas que forman el conjunto. Se distinguen:

- RENDIMIENTO TEMPORAL IDA (4): rendimiento temporal de las trazas de ida.

$$RT_i = \frac{DIAS.LABORABLES(F_f - F_0)_i}{N_{ti}} \quad (4)$$

- RENDIMIENTO TEMPORAL VUELTA (5): rendimiento temporal de las trazas de vuelta.

$$RT_v = \frac{DIAS.LABORABLES(F_f - F_0)_v}{N_{tv}} \quad (5)$$

- RENDIMIENTO TEMPORAL MEDIO (6): es el valor medio del rendimiento temporal de ida y el rendimiento temporal de vuelta.

$$RT_m = \frac{RT_i + RT_v}{2} \quad (6)$$

## 5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Tabla 2 se cuantifican algunos parámetros de los conjuntos multitrizas a partir de los cuales se determinan las medidas de porcentaje de cobertura y rendimiento temporal. En esta tabla, se consideran sólo trazas completas, es decir, aquellas que cubren todo el tramo considerado.

ID Tramo	Tipo de vía	Longitud (m)	Trazas Ida	Trazas Vuelta	Trazas Totales	Tiempo invertido (días)
1	AUTOVÍA	16754,4	61	25	86	301
2	AUTONÓMICA	7478,6	15	0	15	79
3	AUTONÓMICA	5536,2	76	61	137	112
4	AUTONÓMICA	20866,7	61	4	65	111
5	AUTONÓMICA	12626,4	40	81	121	136
6	AUTONÓMICA	26465,7	2	25	27	136
7	AUTOVÍA	20459,0	85	87	172	242
8	LOCAL	22912,3	51	69	120	204
9	AUTONÓMICA	12551,8	55	54	109	240
10	NACIONAL	4975,3	178	161	339	199
11	NACIONAL	21391,9	42	46	88	185
12	NACIONAL	38693,5	1	14	15	204
13	AUTONÓMICA	18407,2	120	91	211	199
14	AUTONÓMICA	8892,8	49	76	125	199
15	AUTONÓMICA	7685,7	89	44	133	204

Tabla 2. Caracterización de los conjuntos multitrizas.

### 5.1 Porcentaje de cobertura

El porcentaje de cobertura de ida, vuelta y medio de cada uno de los tramos del estudio están recogidos en la Tabla 3.

ID Tramo	Tipo de vía	PC <sub>i</sub> (%)	PC <sub>v</sub> (%)	PC <sub>m</sub> (%)
1	AUTOVÍA	122	50	86
2	AUTONÓMICA	30	0	15
3	AUTONÓMICA	152	122	137
4	AUTONÓMICA	122	8	65
5	AUTONÓMICA	80	162	121
6	AUTONÓMICA	4	50	27
7	AUTOVÍA	170	174	172
8	LOCAL	102	138	120
9	AUTONÓMICA	110	108	109
10	NACIONAL	356	322	339
11	NACIONAL	84	92	88
12	NACIONAL	2	28	15
13	AUTONÓMICA	240	182	211
14	AUTONÓMICA	98	152	125
15	AUTONÓMICA	178	88	133

Tabla 3. Resultados del cálculo del porcentaje de cobertura.

Bajo las condiciones que se han establecido para considerar un tramo totalmente cubierto (50 pasadas en cada sentido), sólo habríamos cubierto 6 de los tramos seleccionados, que representan un 34% de la longitud con respecto al total de las longitudes de todas las trazas cubiertas.

Los tramos que están totalmente cubiertos a la ida y no lo están a la vuelta, o viceversa, son tramos en los cuales, por las condiciones de las rutas de reparto, se cubren más en un sentido que en otro. En el tramo 2 encontramos el caso más extremo, donde sólo existen trazas en uno de los sentidos. Este tramo, nunca podría cubrirse de forma completa utilizando las rutas de reparto de la empresa de paquetería utilizada.

En la Tabla 4 se recoge una media ponderada en función de la longitud de los tramos del porcentaje de cobertura medio considerando el tipo de vía del tramo. Como cabe esperar, el mejor porcentaje de cobertura es para autovías. Este tipo de vías son más rápidas y cómodas de transitar con los vehículos, y, por lo tanto, en la medida de lo posible, las rutas de reparto tratan de utilizarlas.

Tipo de vía	PC <sub>m</sub> Media Ponderada (%)
AUTOVÍA	148
NACIONAL	56
AUTONÓMICA	106
LOCAL	102

Tabla 4. Media ponderada por la longitud del tramo del porcentaje de cobertura por tipo de vía.

Sin embargo, la media ponderada del porcentaje de cobertura medio de las carreteras nacionales, es especialmente bajo con respecto a los demás. Se analiza el tramo 12, que es el más conflictivo para tratar de establecer las razones para porcentaje de cobertura tan bajo. Este tramo está situado en la N-332 entre las localidades de Puente de Génave y Villacarrillo (Figura 5). Para este tramo sólo se dispone de 15 trazas completas (Tabla 2) que cubren el tramo entre las dos localidades. Sin embargo, existen otras trazas que cubren secciones del tramo. Por ejemplo, entre la salida hacia la localidad de Iznatoraf y Villacarrillo, existen 9 trazas de ida y 10 de vuelta (Tabla 5). Lo mismo ocurre entre Puente de Génave y la salida hacia Villanueva del Arzobispo, donde hay 16 trazas de ida y 19 de vuelta (Figura 5). El porcentaje de cobertura medio de estas secciones serían 34% y 50%, mejorando el 15% obtenido cuando se considera el tramo 12 completo (Tabla 3).

ID Tramo	Sección	Longitud Sección (m)	Trazas Ida Sección	Trazas Vuelta Sección	PC <sub>m</sub> (%)
12	Iznatoraf - Villacarrillo	5206,5	9	10	34
	Puente Génave - Villanueva del Arzobispo	27184,9	16	19	50

Tabla 5. Caracterización de las trazas que cubren secciones del tramo 12.

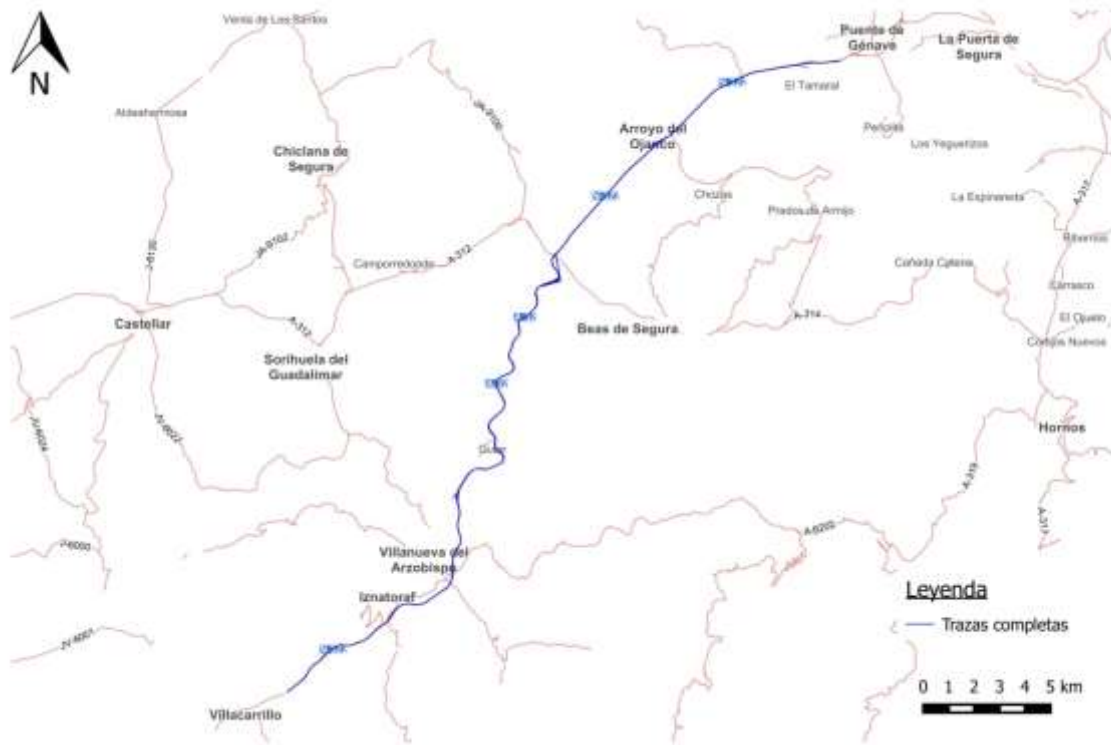


Figura 5. Conjunto multitrizas completas para el tramo 12. Fuente: Elaboración propia sobre CartoCiudad (Instituto Geográfico Nacional).

## 5.2 Rendimiento temporal

El rendimiento temporal de las trazas de ida y vuelta es muy variado, desde el caso ideal de una traza al día, hasta el caso más extremo de una traza cada 204 días.

ID Tramo	RT <sub>i</sub> (días laborables/traza)	RT <sub>v</sub> (días laborables/traza)	RT <sub>m</sub> (días laborables/traza)
1	5	12	8
2	5	0	3
3	1	2	2
4	2	28	15
5	3	2	3
6	68	5	37
7	3	3	3
8	4	3	3
9	4	4	4
10	1	1	1
11	4	4	4
12	204	15	109
13	2	2	2
14	4	3	3
15	2	5	3



**Tabla 6.** Rendimiento temporal por tramo.

Como ocurría con las tasas de cobertura, el rendimiento temporal también tiene los peores resultados en el tramo 12. Tal y como se ha comentado, este tramo, en su totalidad, tiene un número reducido de trazas, aunque sí existen algunas secciones del tramo (Tabla 5) que sí tienen mayor número de trazas. El rendimiento temporal para estas secciones tendría un rendimiento temporal mejor.

Si no se consideran los rendimientos obtenidos para los tramos 6 y 12, que tienen un comportamiento anómalo con respecto a los demás tramos, se puede afirmar que la media para obtener una traza se sitúa entre 3 y 4 días laborables para cada traza.

## 6. CONCLUSIONES

La utilización de las empresas de paquetería para la captura de trazas GNSS puede ser una alternativa viable para generación de cartografía de vías de comunicación. Las principales ventajas que presenta esta forma de obtención de información geográfica son: que a diario se realizan desplazamientos por numerosas carreteras que permiten cubrir grandes extensiones de territorio, que no supone un gran esfuerzo de las empresas de paquetería puesto que la instalación es sencilla en los vehículos y sólo tienen que encender al inicio de la jornada y apagar al finalizarla, y que no sería necesario llevar a cabo un levantamiento específico de los tramos de carretera, con los costes que esto supone.

Sin embargo, para poder obtener unos datos completos hay que considerar algunos aspectos. En primer lugar, hay que realizar una buena planificación en función de las rutas de reparto para ver la viabilidad de llevar a cabo un levantamiento de estas características. Para ello habrá que estudiar de forma rigurosa las rutas de reparto para poder determinar qué vías pueden cubrirse. Como se observaba anteriormente, existían tramos que no fueron una buena elección ya que las rutas de reparto no siempre lo cubrían en su totalidad, aunque sí lo hacía en secciones del tramo, o bien sólo existían trazas en un sentido de la carretera.

En segundo lugar, habrá que establecer la temporalidad en que se quiere desarrollar el trabajo. Considerando el mejor de los casos, dos trazas por día laborable (una de ida y otra de vuelta), se necesitan al menos dos meses naturales para cubrir un tramo (sólo para la captura de la información). Pero, como se ha comentado, la media para obtener una traza se sitúa entre 3 y 4 días laborables, por lo que serían necesarios entre 6 y 8 meses para la obtención de los datos.

Por último, este tipo de levantamiento estaría limitado siempre por las rutas de reparto de las empresas de paquetería, de modo que pueden existir zonas que no lleguen a cubrirse nunca. Sin embargo, esto serán zonas concretas para cuyo levantamiento podría buscarse otra alternativa. Por ejemplo, utilizando otro tipo de empresas que realizan desplazamientos por carretera, como las empresas de transporte de pasajeros o empresas de reparto de mercancía.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Ruiz Almar, E. (2010): "Consideraciones acerca de la explosión geográfica: Geografía colaborativa e información geográfica voluntaria", *GeoFocus*, 10, 280-298.

Goodchild, M. F. (2007): "Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0", *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 24-32.

Gil-de la Vega, P., Ariza-López, F.J. y Mozas-Calvache, A.T. (2016): DOI 10.1080/00396265.2015.1113027.

Fernández-Portillo, A., Sánchez-Escobedo, M.C., Jiménez-Naranjo, H.V. y Hernández-Mogollón, R. (2015): "La importancia de la Innovación en el Comercio Electrónico". *Universia Business Review*. Tercer trimestre 2015, 106-125.

Zhang, L. y Sester, M. (2010): "Incremental data acquisition from GPS-Traces". *A special joint symposium of ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto*. Florida.

Cao, L. y Krumm, J. (2009): "From GPS Traces to a Routable Road Map". *Proc. 17<sup>th</sup> ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, Nueva York, pp. 3-12.

Ariza-López, F. J., Mozas-Calvache, A. T., y Gil de la Vega, P. (2014): "Tratamiento de multitrizas GNSS 3D para la obtención de ejes medios", *Mapping*, 23, 166, 42-47.

Mozas-Calvache, A.T. y Ariza-López, F.J. (2016): DOI 10.1080/00396262.2016.1171956.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), con la ayuda de referencia BIA2011-23271 correspondiente al proyecto de investigación "Evaluación 3D de elementos lineales de Información Geográfica (E3DLING)". Igualmente, se agradece a la Junta de Andalucía la financiación económica del Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica (PAIDI-TEP-164) desde 1997 hasta la fecha.