

Ya tengo mi cartografía... ¿y ahora cómo la mantengo?: aspectos clave para el mantenimiento de las bases geográficas de referencia

ÁLVAREZ, Juan Miguel; GUINEA, Alejandro; HERNÁNDEZ, Iñigo; ELORZA, Mikel

Las bases geográficas de referencia (las antiguas cartografías básicas) tienen en el mantenimiento y la actualización el talón de Aquiles para demostrar su eficacia. Desde hace años ya, han quedado obsoletos los procesos de actualización por hojas, que suponían empezar por una esquina y terminar por otra, ya que, dependiendo de la extensión y los recursos económicos que se dedicaban, podían pasar varios años hasta cubrir todo el territorio, con lo que no se daba una respuesta adecuada a los usuarios. Por ejemplo, la apertura de una autopista, ferrocarril o inauguración de un edificio singular no se reflejaba en la «hoja» hasta que se volvía a pasar por ella para actualizarla.

Las nuevas técnicas de captura de datos, como son el LIDAR, *Mobile Mapping* y alguna más tradicional como la ortofotografía, hacen posible la detección de cambios y por tanto poder **actualizar las bases de datos geográficas de forma continua**, para permitir disponer de la Geoinformación de base actualizada, casi antes de que se inaugure la infraestructura.

Si a esto le sumamos que la directiva INSPIRE nos insta a capturar los datos geográficos una sola vez, hace que la **integración de cartografías actualizadas de mayor escala en bases geográficas de menor escala**, sea una práctica no solo autorizada, sino recomendable por lo económico de la solución de mantenimiento. En la integración, haciendo el símil culinario, los levantamientos topográficos a integrar son los ingredientes de mi plato, la cartografía 1: 5.000 que tengo que actualizar, y aplicable a diferentes dietas: Modelo propio, INSPIRE, BTU, BTA, BTN25, etc.

La comunicación expondrá los aspectos claves a tener en cuenta en el **mantenimiento continuo de las bases geográficas de referencia mediante integración cartográfica**: identificación de productores de cartografía, fuentes cartográficas INTEGRABLES o NO INTEGRABLES, integración (limpieza, generalización, mapeado a otro modelo de datos y “cosido”), mapa de cobertura de las integraciones (con las fechas y orígenes de datos) y metadatos.

Se expondrá el caso práctico de la Diputación Foral de Gipuzkoa y el mantenimiento de la base geográfica 1: 5.000, en la que se llevan más de 25 años aplicando esta técnica.

PALABRAS CLAVE

INSPIRE, Geoinformación, actualización, mantenimiento continuo, base geográfica, integración

¿POR QUÉ EL MANTENIMIENTO CONTINUO MEDIANTE INTEGRACIÓN?

El propósito del mantenimiento de una base geográfica de referencia es que represente fielmente el territorio, contemplando los cambios que se producen en él. Si una base geográfica de referencia no está actualizada, no es eficaz.

Los procesos de actualización por hojas o por lotes de hojas, que suponían empezar por una esquina del territorio y terminar por la otra, han quedado obsoletos desde hace unos años. Dependiendo de la extensión y los recursos económicos que se dedicaban, podían pasar varios años hasta cubrir todo el territorio. Además, nuestra base geográfica, quedaba actualizada, según nuestra distribución de cuadrícula hojas y no en función de los cambios acontecidos en el territorio. Era habitual, que una

obra de infraestructura o un edificio de equipamiento, pasara varios meses e incluso años sin actualizarse hasta que no «le tocara» en el lote de actualización.

Aplicando el sentido común, **¿por qué vamos a dedicar recursos en revisar lo que no ha cambiado?** Por ejemplo, las curvas de nivel de una sierra, los caminos de parcelaria de una zona de cultivos, una carretera local entre dos pueblos, un tendido eléctrico de alta tensión, todos ellos que no han sufrido cambios durante años, no tienen por qué ser revisados o actualizados.

Las nuevas técnicas de captura de datos, como son el LIDAR, *Mobile Mapping* y alguna más tradicional como la ortofotografía, hacen posible la detección de cambios y por tanto poder **actualizar las bases geográficas de referencia**, casi antes de que se inaugure la infraestructura.

Estas técnicas nos permiten identificar las zonas de cambio de forma automática o casi automática. Por ejemplo, restando modelos digitales del terreno de años diferentes, lo que permite la detección de cualquier infraestructura nueva como carreteras, puentes y movimientos de tierras como desmontes y terraplenes. Si utilizamos los modelos de superficie, donde se representan las construcciones, podremos detectar cualquier edificio nuevo. Es decir, tendremos identificadas las zonas mediante contornos donde se han producido cambios, y por tanto donde tenemos que focalizar nuestros esfuerzos para actualizar nuestra base geográfica de referencia.

Con las zonas a actualizar identificadas, el esfuerzo que supone localizar la información (o si no existiera, digitalizarla o restituirla) de unas pocas hectáreas, adaptarla a nuestro modelo de datos e integrarla en la hoja completa, es mucho menor que si tuviéramos que «reparar» y actualizar toda la hoja.

Si a esto le sumamos que la directiva INSPIRE nos insta a capturar los datos geográficos una sola vez, hace que la **integración de cartografías actualizadas de mayor escala en bases geográficas de menor escala**, sea una práctica no solo autorizada, sino recomendable por lo económico de la solución de mantenimiento. Si a esto le sumamos que los datos geográficos se capturen con la mayor exactitud posible, hace que la información que actualiza un ayuntamiento a escala 1:500, pueda ser utilizada para actualizar nuestra base geográfica 1:5.000, lo que permite disponer en la zona urbana, de los mismos edificios, aceras y jardines en la cartografía municipal y en la regional.

A esta metodología le hemos llamado «**mantenimiento continuo de bases geográficas de referencia mediante integración**» y es aplicable a bases geográficas de referencias regionales, de escalas 1:5.000, 1:10.000 o menores. Con matices se puede aplicar a bases geográficas municipales, de escalas 1.500 o 1:1.000.

A continuación, se explicarán los aspectos clave del mantenimiento continuo de bases geográficas de referencia mediante integración.

LOCALIZACIÓN DE CAMBIOS EN EL TERRITORIO

Este es el aspecto más importante: **conocer dónde ha cambiado el territorio para actualizarlo**. Existen métodos manuales y otros automáticos, como son:

1. Métodos manuales:
 - a. Información de los medios de comunicación, como prensa y revistas especializadas sectoriales, donde se informa de obras en carreteras, encauzamientos, polígonos industriales, urbanizaciones, edificios, apertura de carriles bici, etc.
 - b. Licitaciones de obras, publicadas en los Boletines Oficiales.
2. Métodos automáticos:
 - a. Comparación de modelos digitales procedente de vuelos LIDAR, tanto del terreno como de superficie para detectar movimiento de tierras, presencia de edificios, puentes, o tala de árboles.
 - b. Comparación de ortofotografías de dos años consecutivos, que permite localizar diferencias en el territorio, como pueden ser edificios, viales, etc.

Como resultado, se dispondrá de un **mapa de actuaciones**, que permita conocer las zonas que han sufrido cambios. Este mapa de actuaciones, será la base para coordinar la actualización de la base geográfica de referencia.

IDENTIFICAR Y LOCALIZAR PRODUCTORES DE CARTOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Con el mapa de actuaciones, de momento, conocemos la zona que ha cambiado. El siguiente paso es identificar y localizar los productores de cartografía y sus fuentes de información que nos permitan actualizar la base geográfica de referencia. Es decir «aprovechamos» la definición geométrica y los atributos que definen, normalmente, los responsables de esas zonas del territorio, para actualizar nuestra base geográfica de referencia. Por ejemplo, en un desdoblamiento de una carretera, utilizamos el plano fin de obra de la infraestructura encargado por el departamento de carreteras de la administración correspondiente, para actualizar el trazado en nuestra base geográfica de referencia. Normalmente, la información de base a integrar se encuentra en formato CAD, estructurada en capas, georeferenciada y dependiendo del volumen, divide en hojas o toda continua.

Mediante la actualización por integración, optimizamos recursos y disponemos de la misma información que el responsable de dicha infraestructura, con los beneficios que eso aporta para futuros usos de la información de referencia.

En líneas generales, se identifican los siguientes productores de cartografía y fuentes de información (no en todos los casos se logra conseguir la información necesaria para integrar):

- En zonas urbanas, que no tengan ningún otro tipo de condicionante, el responsable es el ayuntamiento, concretamente los servicios técnicos de departamentos como obras y servicios o urbanismo. No todos los ayuntamientos disponen de cartografía, pero sí la mayoría, sobre todos los municipios de cierta entidad. Por ejemplo, la base geográfica de referencia de Gipuzkoa, en el municipio de Donostia/San Sebastián, coincide con la cartografía municipal, siendo la definición geométrica de los edificios, aceras, viales y jardines, la misma en ambas bases geográficas.
- En todo el territorio, existe la cartografía catastral, gestionada por la Dirección General del Catastro o por el gobierno y diputaciones forales.
- En zonas de costas, playas, marismas, todo lo que se encuentre dentro del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) está gestionado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).
- En zonas de ríos y embalses, todo lo que se encuentre dentro del Dominio Público Hidráulico está gestionado por las Confederaciones Hidrográficas, adscritas al MAGRAMA o por Agencias o Departamentos de Aguas de Gobiernos Autonómicos.
- En infraestructuras ferroviarias, todo lo que se encuentre dentro del Dominio Público Ferroviario, está gestionado por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias correspondiente, como son ADIF y ETS (en Euskadi).
- En infraestructuras de carreteras, todo lo que se encuentre afectado por las carreteras, está gestionado por el Ministerio de Fomento o los Departamentos de Carreteras de los gobiernos regionales o forales.
- En aeropuertos, las zonas que se encuentran dentro de esas infraestructuras, están gestionadas por la sociedad AENA, dependiente del Ministerio de Fomento.
- En puertos, las zonas que se encuentran dentro de esas infraestructuras, están gestionada por las Autoridades Portuarias, cuya coordinación y control corresponde al Organismo Público Puertos del Estado, dependiente del Ministerio de Fomento.
- En infraestructuras de saneamiento y abastecimiento, los consorcios o empresas de aguas gestionan dichas infraestructuras, por lo que normalmente disponen de proyectos y fines de obra de dichas infraestructuras, como son las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) y Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP).
- En zonas industriales, gestionadas por sociedades públicas que gestionan el suelo industrial, disponen de levantamientos topográficos fines de obra de las obras realizadas.

Una pregunta habitual que nos podemos hacer es **¿servirá la información de terceros para actualizar mi base geográfica de referencia 1: 5.000?** La respuesta es que en la mayoría de los casos sí:

- Porque el responsable de la infraestructura conoce lo que es necesario cartografiar para su gestión, por lo que, por muy exigente que seamos en nuestra base geográfica de referencia, siempre vamos a poder adaptarla a nuestras necesidades.
- Porque una cartografía de mayor escala (1:500, 1:1.000) cumple los requisitos de exactitud geométrica y posicional de mi base geográfica de referencia 1: 5.000.
- Porque si está georreferenciada en ED50 o incluso en coordenadas relativas, siempre podremos transformarla a coordenadas ETRS89, mediante la rejilla de mínima curvatura o incluso, puntos de control tomados en campo.
- Porque los fenómenos que se mantienen en una base geográfica 1: 5.000 de referencia son menos que en una cartografía sectorial o una cartografía de mayor escala. Siempre es necesario quitar niveles de información o fenómenos para adaptarla a nuestra base geográfica.

El único motivo por el cual un levantamiento topográfico **NO ES INTEGRABLE** para actualizar nuestra base geográfica de referencia, es que el propio levantamiento no esté actualizado y por tanto no represente fielmente el territorio. Por ejemplo, cuando en un municipio se contrata el proyecto y construcción de una urbanización, una vez ejecutada, el levantamiento topográfico que se utilizó para realizar el proyecto, no se podría utilizar para actualizar nuestra base geográfica de referencia, ya que no representa los cambios del territorio, al haberse construido ya la nueva urbanización. **Es preferible disponer de una digitalización sobre la ortofoto de la nueva urbanización que no el levantamiento topográfico que sirvió para realizar el proyecto.**

Con la identificación y localización de fuentes de información, nuestro mapa de actuaciones se completa con el nombre del levantamiento y el propietario de la información, así como formato, escala, fecha, modelo de datos, etc. Datos necesarios para realizar su integración en nuestra base geográfica de referencia.

ACTUALIZACIÓN MEDIANTE INTEGRACIÓN

Establecer una metodología de actualización mediante integración de fuentes existentes, parte de la premisa que cualquiera de las fuentes a integrar (siempre y cuando esté actualizada) a escalas 1:500, 1:1.000 y 1:2.000 por ser de mayor escala, cuenta con la calidad suficiente para actualizar nuestra base geográfica de referencia 1:5.000. La metodología se basa en la realización de los siguientes procesos:

1. Recopilación y control de la información necesaria, como son el levantamiento a integrar con su modelo de datos o listado de capas (si lo tuviera), la base geográfica de referencia (con su modelo de datos y diccionario de elementos) donde se va a integrar, el MDT y la ortofoto más actualizada.
2. Preparación del levantamiento a integrar, identificando las capas de interés para nuestra base geográfica 1: 5.000, reclasificándolas mediante mapeado de los nombres de capas con los objetos o clases de objeto de nuestro modelo de datos, separando la información que no es integrable en el 1:5.000, como son las propias de un levantamiento topográficos 1:500 (arquetas, mobiliario, etc.)
3. Edición del levantamiento a integrar, para dar continuidad y apariencia 1:5.000 al levantamiento topográfico que se va a integrar.
4. Integración en la base geográfica de referencia 1:5.000, mediante el «cosido» del levantamiento. Previamente se realiza el vaciado de la zona desactualizada, borrando los objetos desactualizados de la base geográfica de referencia
5. Control de calidad para asegurar la exactitud posicional, compleción, consistencia lógica y exactitud temática, para realizar finalmente la entrega y los metadatos.

CAPTURA DONDE NO EXISTAN OTRAS FUENTES

Se puede dar el caso, de que no se identifique ninguna fuente válida para actualizar la zona de actuación mediante integración, por ejemplo, cuando ha finalizado la obra y el responsable de la actuación no ha realizado el final de obra, por falta de recursos o tiempo.

Dependiendo de la entidad de la actualización y si conocemos cuándo actualizará el responsable de la actuación, se podrá esperar a que disponga del levantamiento o actualizar mediante la captura por fotogrametría o digitalización sobre ortofoto o nube de puntos. No hay un criterio fijo, dependerá de si el propietario de la fuente de información habitualmente realiza mantenimiento de la cartografía de las zonas que gestiona, y de lo relevante de la actualización (es diferente un edificio emblemático en una ciudad que un chalet en zona rústica). En función de estas variables, se realiza la captura por los métodos anteriormente citados y en ese caso, cuando el responsable de la zona a actualizar, realice dicha actualización, se incorpora su nueva información en nuestra base. Mientras tanto, nuestra base geográfica de referencia, cumple su función.

MAPA DE COBERTURA DE LAS DIFERENTES INTEGRACIONES Y METADATOS

Como la actualización de la base geográfica de referencia 1: 5.000 se basa en integración de diferentes fuentes cartográficas, es necesario disponer de un mapa de cobertura donde se informe de la escala, los orígenes de datos y la fecha de actualización en cada uno de los ámbitos.

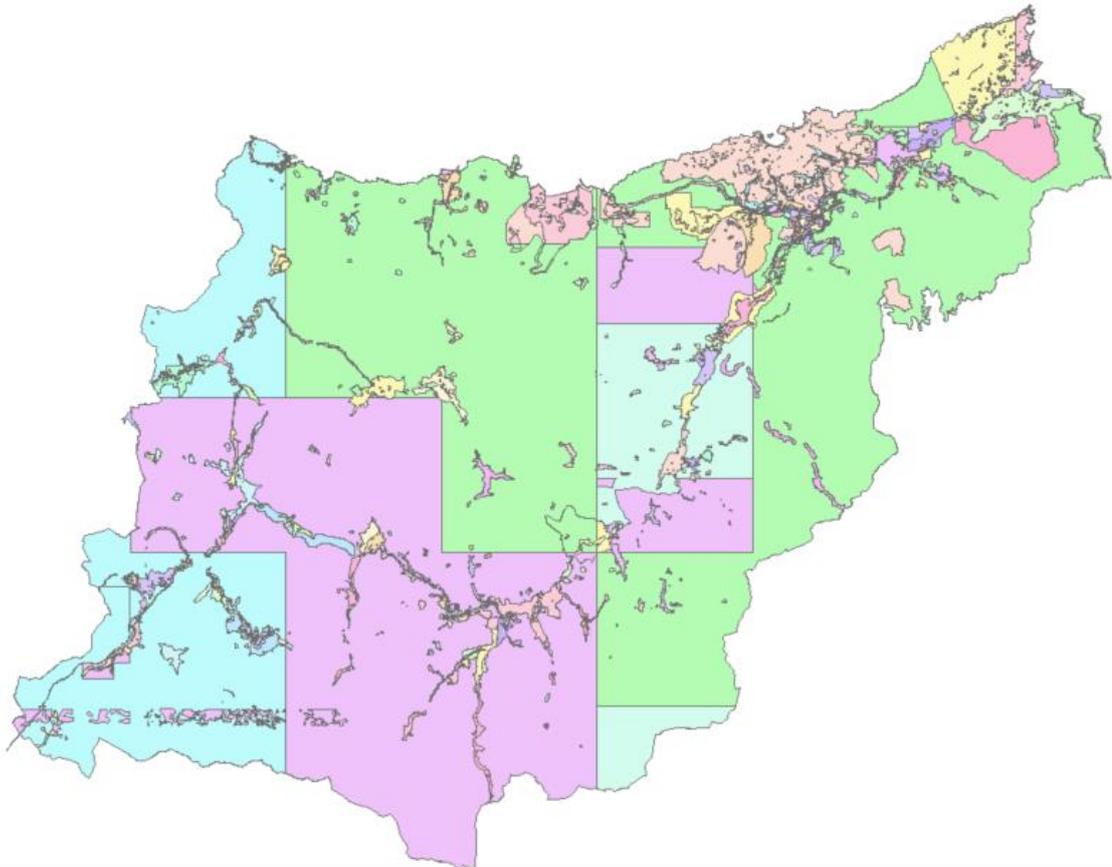


Figura 1: Mapa de cobertura de Gipuzkoa por años

El mapa de cobertura, forma parte de los metadatos cuya estructura, en este caso debería recoger la información a nivel de objeto.

CASO DE ÉXITO: BASE GEOGRÁFICA DE GIPUZKOA

El mantenimiento de la base geográfica de Gipuzkoa, perteneciente a la Infraestructura de Datos Espaciales de Gipuzkoa, en los temas de Altimetría, Masas de Agua, Infraestructura de Transporte y Edificación, se realiza mediante integración de levantamientos topográficos. Estos levantamientos de mayor exactitud que la base geográfica de referencia a escala 1:5.000, son encargados por ayuntamientos o por otros departamentos de la Diputación Foral de Gipuzkoa y cubren principalmente zonas urbanas e industriales y ejes viarios de gran capacidad. Fuera de esas zonas, el mantenimiento habitual se realiza empleando ortofotogrametría.

La situación actual es que la base de objetos geográficos de Gipuzkoa, posee una exactitud posicional mínima teórica inferior a 1 m al proceder de levantamientos de escala superior a 1:5.000. La precisión temporal mínima teórica es menor de 2 años, ya que la última revisión completa se efectuó con un vuelo orto fotogramétrico realizado durante el año 2014. Esta base recoge las bases topográficas (de escalas superiores) existentes en Gipuzkoa y es una copia real de sus objetos geográficos, habiéndose realizado los procesos de generalización pertinentes para eliminar elementos cartográficos no reales, diverso mobiliario urbano y otros objetos, y completada para otorgarle consistencia topológica. Actualmente se está trabajando para reducir el periodo de actualización máximo a poco más de un año (véase la figura 1).

Los metadatos ligados a cada entidad geográfica comprenden referencias al creador del objeto, el propietario, su objetivo, el método de levantamiento, su exactitud y su fecha de revisión. Las denominaciones responden a los nombres o topónimos y comprenden su tipología, el nombre completo, nombre abreviado, nombre para rotular, genérico y nombre de búsqueda tanto en euskera

como en castellano. Y los metadatos asociados a esas denominaciones en ambas lenguas que incluyen su origen o autor, nombre normalizado, nombre oficial, preferencia y fecha de revisión.

Los temas de la base geográfica de Gipuzkoa, son las siguientes:

- Altimetría: Comprenden cotas altimétricas y curvas de nivel con equidistancia de 5 m. Dependiendo de las características del levantamiento de partida se distinguirán Cotas cimera, Collados, Cotas en Depresiones, Curvas de Depresiones, Cotas en construcciones elevadas, Cotas a lo largo de ejes viarios y otras Cotas.
- Planimetría: Representan los elementos de vialidad, construcciones y superficies diversas, comprendiendo 160 tipos distintos. De este grupo se generarán en el almacén de manera automática entidades referentes al área del mar, intermareal, embalses, estanques, piscinas, puentes y túneles que contarán con información alfanumérica asociada
- Ejes de ríos: Representan los ejes virtuales de flujo hidrográfico de ríos, arroyos y canales, y que conforman un grafo, denominándose: ríos, vaguadas y canal respectivamente.
- Ejes viales: Representan los ejes virtuales de flujo de transporte terrestre (automóviles, ferrocarriles, carriles bici y peatones) y que conforman un grafo. Los segmentos del grafo están asociados a las tablas según el modelo de datos basado en la norma ISO 14825.
- Edificaciones: Representan edificios, portales, accesos, estructuras cubiertas, no cubiertas y subterráneas.

Con datos de finales de 2015, fruto de la actualización mediante integración, de los 1980 km² que cubre la superficie de Gipuzkoa, 1707 km² están cartografiados a escala 1:5.000 y 273 km² a escalas superiores (datos para planimetría). Véase la figura 2.

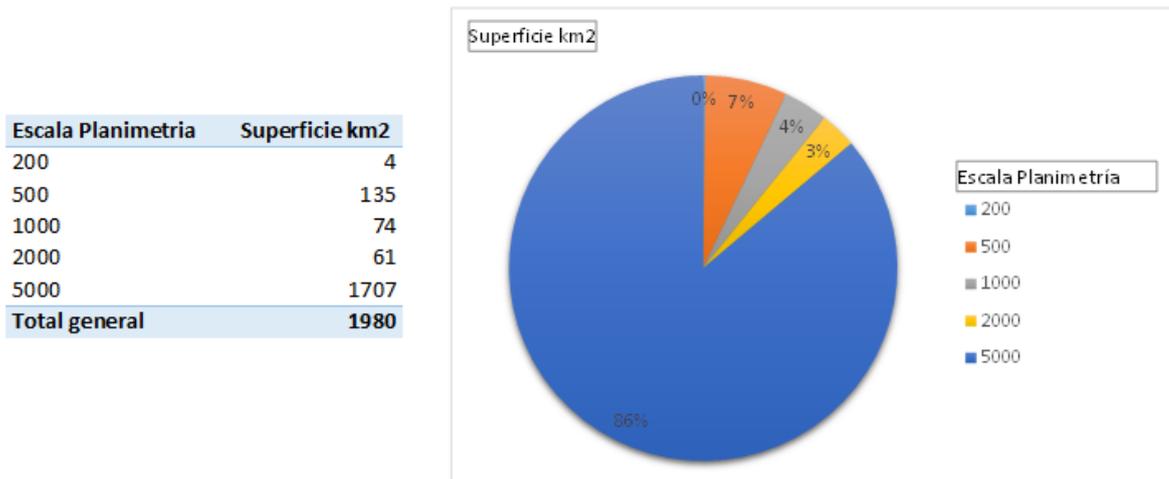


Figura 2: Distribución de escalas de cartografías integradas por superficie

De los 1284 levantamientos integrados en la base geográfica de Gipuzkoa, casi el 75 % se trata de levantamientos topográficos de escala 1:500 (la mayoría de ellos municipales). Véase la figura 3.

Escala	Nº de levantamientos integrados (planimétricos)
200	11
500	910
1000	329
2000	34
Total general	1284

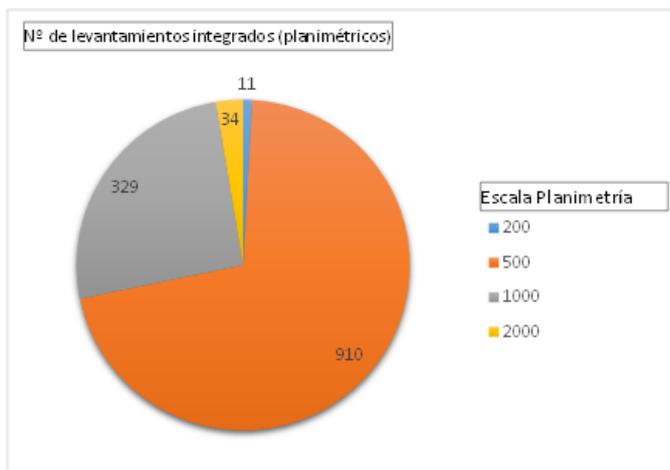


Figura 3: Distribución de escalas de cartografías integradas por número de levantamientos integrados

CONCLUSIONES

Por lo explicado en el artículo, se concluye que la metodología de mantenimiento de bases geográficas de referencias mediante integración de levantamiento de mayor escala se adapta mejor a las actuales necesidades de cualquier administración local, regional o estatal.

Permite realizar el mantenimiento de la cartografía de forma selectiva, centrando los esfuerzos en las zonas de cambio. Se optimizan los recursos, ya que se sustituyen las tareas de captura por la identificación de cambio y la localización de fuentes de información de terceros que son integradas. Se capturan los datos geográficos una sola vez, normalmente por el actor responsable, en cumplimiento de la directiva INSPIRE y la base geográfica está alineada con las diferentes fuentes de información existentes por lo que cuando se vayan a superponer diferentes fuentes, éstas coincidirán. Dado que la base integrada concuerda con la información propia de cada productor, esta puede ser empleada por todos los productores.

REFERENCIAS

- [1] Pliego de Condiciones Técnicas para la realización de inventarios de levantamientos topográficos y mantenimiento de la base geográfica 1:5.000 del Territorio Histórico de Gipuzkoa. Mikel Elorza (2015).
- [2] Instrucción Técnica para la actualización de cartografías. Equipo técnico de Geograma (2016).

AUTORES

Juan Miguel Álvarez
 Jm.alvarez@geograma.com
 Geograma

Alejandro Guinea
 Alejandro.guinea@geograma.com
 Geograma

Iñigo Hernández
 Inigo.hernandez@geograma.com
 Geograma

Mikel Elorza
 melorza@gipuzkoa.eus
 Diputación Foral de Gipuzkoa