

Mejora de Exactitud Posicional: Ejemplo para el caso del CONEAT

Carlos López-Vázquez
Facultad de Ingeniería – Universidad ORT del Uruguay
carloslopez@uni.ort.edu.uy

RESUMEN

El advenimiento de tecnologías como el GNSS, facilitando la obtención en campo de coordenadas absolutas, ha desnudado problemas geométricos en la cartografía existente. La posibilidad de localizar puntos de muestreo en el terreno y mostrarlos en el mapa, la necesidad de cruzar datos de pendiente con características del suelo para estudios de erosión, etc. son todos ejemplos rápidos de la necesidad de una armonización geométrica entre el terreno y el mapa.

A fines de los años 60 se instaló en Uruguay la Comisión Nacional de Estudio Agro económico de la Tierra (CO.N.E.A.T.) con el fin de caracterizar la capacidad productiva potencial de los suelos en términos de kilos de carne bovina u ovina y kilos de lana por hectárea de campo natural, relacionarlo con el Catastro y a través del conjunto fijar la carga impositiva. Los límites de categorías allí señalados no siempre tienen un correlato en el terreno fácilmente discernible, ya que resultan de una fotointerpretación con la cobertura del suelo de la época. Ello implica que es muy difícil evaluar directamente la exactitud geométrica de esa cobertura. En cambio, la afortunada existencia de la cobertura de catastro, con límites artificiales bien definidos en el terreno y generada en forma solidaria con la anterior da la oportunidad de cuantificar el error geométrico, tanto inicial como luego de los trabajos de mejora de exactitud posicional que se describirán. Para la transformación matemática a aplicar se utilizó información de la red vial capturada con GNSS, disponible a escala nacional.

A modo de ejemplo, se ilustran los resultados obtenidos en la zona sur del departamento de Lavalleja correspondientes a la carta G26C y sus vecinas. La exactitud geométrica medida siguiendo el estándar NSSDA mostró una mejora del orden del 30%, valor interesante ya que la carta es particularmente pobre en red vial.

Palabras clave: exactitud posicional, PROMEP, CONEAT

1. INTRODUCCIÓN

La cartografía del índice CONEAT (en lo sucesivo, cartografía CONEAT) constituyó un esfuerzo muy encomiable de caracterizar con un único número la aptitud productiva de un tipo de suelo en términos de rendimientos esperados de carne bovina, ovina y lana en pie (según se indica en el Art. 65 de la Ley 13.695 del 24 de octubre de 1968) y asociarlo con las parcelas con un objetivo tributario. La información básica utilizada para lo primero resulta de la fotointerpretación manual de un vuelo realizado entre 1966 y 1967, a escala nominal 1:40.000 (ver Fig. 1). Los límites de tipos de suelos interpretados en las escenas individuales fueron transcritas a lo que se conoce como *Fotoplano* (Bacci, 1984). Los mismos podrían considerarse como una versión rápida de lo que hoy se conoce como ortoimagen. Según Lazo (2014) estaban contruidos a partir de las escenas rectificadas parcialmente, ignorando la corrección por relieve pero considerando la inclinación de cámara. Se conformaba con ellos un mosaico de unas 130 escenas, las cuales se recortaban y superponían en un procedimiento artesanal encomiable para construir una imagen fotográfica equivalente a una carta del Plan Cartográfico Nacional del 50.000. El conjunto de imágenes se elaboró a escala 1:50.000 y mediante ampliación se le llevó a escala nominal 1:20.000. Bacci (1984) menciona que algunos controles (no especificados) reconocían errores del orden de 4 mm (equivalentes a 200 m en el terreno). El Fotoplano representaba lo mejor que se podría lograr en la época; la restitución fotogramétrica era posible pero

trabajosa, siempre residiría en soporte analógico y definitivamente esperar por ello para todo el país no era compatible con las prioridades del propio proyecto CONEAT. La exactitud interna (i.e. distancias relativas) en las fotos no era muy alta pero sí suficiente para desplegar la información edafológica. La estimación de la exactitud absoluta del fotoplano (y de la cartografía CONEAT de allí derivada) ha sido confirmada en el caso que se analizará, la cual está muy alejada de la que se podría asumir para una cartografía de escala 1:20.000.

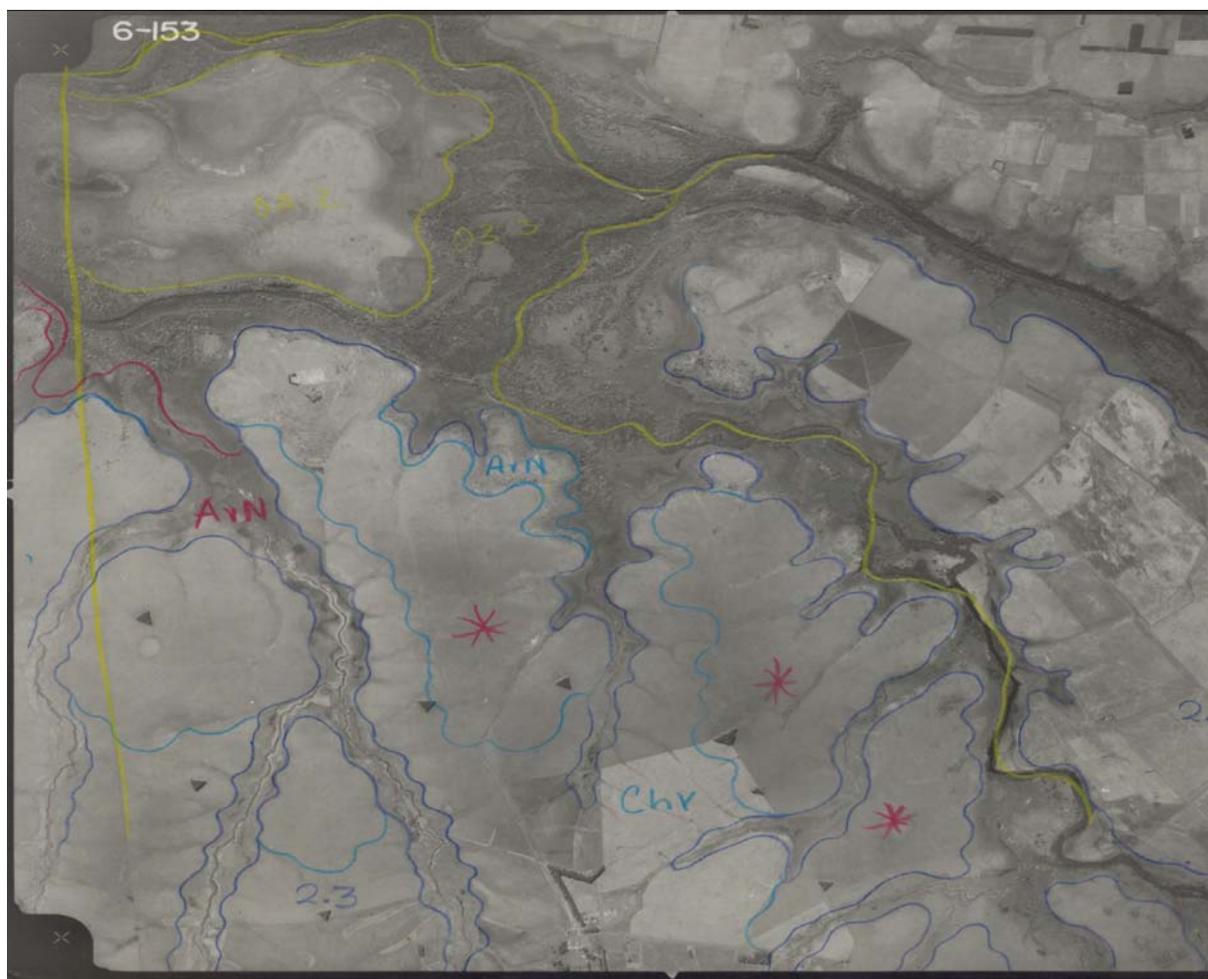


Figura 1: Ejemplo de una fotografía aérea de las usadas para generar la cartografía CONEAT. Las líneas amarillas, azules, etc. delimitan regiones homogéneas de acuerdo con criterios edafológicos. (Fuente: RENARE-MGAP)

Un aspecto no menor a los efectos de valorar la exactitud de esta cartografía edafológica es la dificultad de identificar en el terreno lo que se interpreta en la foto. Los límites de tipo de suelo son (en muchos casos) difusos, y además corresponden a una realidad fotografiada hace medio siglo. Sin perjuicio de ello interesa disponer de una cartografía de ese tipo con una mejor exactitud, con el fin por ejemplo de poder referenciar adecuadamente las calicatas de la época así como las que se han hecho posteriormente, las cuales tienen muchas veces coordenadas medidas con GNSS. Las coordenadas de los nuevos datos tienen típicamente un error absoluto de diez metros o menos, y por lo tanto sería deseable acercar la exactitud de la cartografía existente para hacerla interoperable con nuevos datos.

La exactitud geométrica de la cartografía CONEAT puede calcularse indirectamente: en la cartografía fueron representados no solamente las variables edafológicas, sino también el catastro rural. El motivo estaba asociado al fin impositivo del proyecto, por lo que las parcelas tributarían en forma directa a su capacidad productiva. A diferencia de los límites de categorías de suelos, las parcelas se manifiestan en el terreno a través de monumentos, divisorias de alambre, etc. todo lo cual se puede medir con adecuada exactitud y tienen en

general una aceptable persistencia en el tiempo. La existencia de esa capa catastral solidaria a las categorías edafológicas a través del fotoplano es crucial para el procedimiento aquí propuesto.

La corrección geométrica de una cartografía puede realizarse siguiendo diferentes estrategias (López, 2010) que incluyen variantes de la edición manual y del *rubber sheeting*. Con este último nombre se conoce genéricamente a las transformaciones que arrastran los objetos para lograr que puntos bien definidos en la carta y el terreno adopten las coordenadas de este último. La corrección puede realizarse a una de las coberturas, pero dependiendo del procedimiento seguido ello se propagará o no a las demás. Así, es perfectamente posible corregir de una forma u otra la cartografía catastral (construyéndola desde cero, por ejemplo) pero ello no permitiría arrastrar a las clases CONEAT solidariamente, que es el objetivo. Por lo tanto, lo que aquí se considerará es la aplicación masiva de una transformación matemática bien definida a todas las coberturas de una cartografía, basada en información geométrica de objetos homólogos. Para denominar genéricamente esos procesos se ha propuesto el nombre de PROgrama de Mejora de Exactitud Posicional (PROMEPE).

2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

La corrección geométrica masiva de cartografía (PROMEPE) se conoce en la literatura inglesa con el nombre de PAI (*Positional Accuracy Improvement*). La misma consiste en transformar en una única operación todas las coberturas de una cartografía, de forma que resultan automáticamente preservadas las relaciones geométricas mutuas. Si la transformación es elegida adecuadamente, también se preservarán las relaciones topológicas dentro de cada cobertura. Según señala López (2010) ese requerimiento esencial ha sido frecuentemente ignorado en la literatura.

La mayoría de los ejemplos de PROMEPE se basan en utilizar objetos de control de tipo punto (ver por ejemplo Timms *et al.* 2003 donde se describen los *link files*). Es también la alternativa preferida para el problema de la Conflación Geométrica (Saalfeld, 1988; Hope, 2008) que consiste en encontrar la transformación que hace interoperable la cartografía A con la B. El PROMEPE puede ser considerado un caso particular de Conflación, en que la cartografía B es la realidad (o un sucedáneo de la realidad, como el dato GNSS). En el caso de la capa edafológica del CONEAT no hay puntos notables. Si se hace abstracción del parcelario, los únicos puntos disponibles en el medio rural son del tipo de intersección de caminería lo que constituyen un conjunto relativamente pequeño. Afortunadamente también está toda la cobertura catastral asociada. Por lo tanto, el procedimiento consistirá en:

- a) identificar objetos asociados al parcelario y sus homólogos en campo
- b) determinar una transformación adecuada, definida para todo (x,y) , que transforme exacta o aproximadamente unos sobre otros.
- c) aplicar masivamente esa transformación a objetos de la cobertura edafológica.
- d) Opcionalmente, aplicar esa transformación al parcelario mismo.

En este trabajo se aplicará por primera vez un PROMEPE usando información de objetos tipo poligonal, constituida por tramos de caminería rural implícitamente definidos por el parcelario e información de campo obtenida mediante GNSS para la toda red vial transitada del Uruguay. La transformación está dada por el procedimiento descrito en López y Manso (2013), que admite trabajar con objetos de tipo punto y tipo poligonal a la vez. La transformación matemática así obtenida está diseñada para respetar las relaciones topológicas de los objetos de la cartografía (del estilo *estar a la izquierda de*) pero forzando a que las poligonales de la cartografía y del terreno coincidan o se aproximen drásticamente. Posteriormente esta transformación se aplica a las coberturas de grupos CONEAT, preservando la relación categorías-padrón (y así indirectamente el índice CONEAT predial) pero acercando drásticamente a coordenadas de terreno los objetos cartografiados.

La descrita por López y Manso (2013) no es la única posibilidad para utilizar poligonales homólogas. Por ejemplo, ya Doytsher *et al.* (2001) sugirieron un procedimiento que las manipulaba, pero que no respetaba automáticamente las relaciones topológicas. Posteriormente Haurert (2005) trabajó con el mismo tipo de objetos en una aplicación de confluencia que tenía las mismas limitaciones. En ninguno de los dos casos se podía utilizar simultáneamente información puntual y lineal, por lo que constituyen aproximaciones válidas pero incompletas al problema.

3. DATOS y MÉTODOS

La cartografía CONEAT analógica de la década de los '70 tuvo un proceso de escaneo y vectorización a principios de siglo XXI. De la vectorización se generó una cobertura catastral que ha sido actualizada hasta el presente y una cobertura CONEAT propiamente dicha que esencialmente no se ha modificado. La red vial existente en la cartografía papel no era necesaria para los usos previstos y por lo tanto no fue vectorizada. Como producto intermedio quedó la versión raster georreferenciada del mapa papel en formato GEOTIFF.

Los datos utilizados para realizar la transformación fueron tomados del Conjunto de Datos Provisorios (CDP) de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Ellos toman la forma de trazas de lecturas GNSS de ejes de la red vial, ya proyectadas en el mismo sistema de referencia del CONEAT. Estas poligonales tienen atributos varios que fueron ignorados, así como algunos problemas geométricos y lógicos. Existen puntos de retroceso, discontinuidades en el trazo, etc. todo lo cual fue depurado en etapas tempranas de este trabajo. No hay información disponible sobre el procedimiento de captura, objetivos perseguidos, instrumental utilizado, correcciones aplicadas, etc. pero se sabe que esos datos fueron recogidos o sistematizados en el marco de un proyecto UNA ONU. Por razones de tiempo y oportunidad este artículo trabajó con la carta G26C y sus ocho vecinas G26A, G26B, G26D, G27A, G27B, H26A, H26D y H27A. En la Fig. 2 se ubica la zona de trabajo en relación al país, y en la Fig. 3 se ilustran las nueve cartas (con la G26C al centro) y la red vial disponible. Los 38 puntos indicados son los existentes en el trabajo de Barreto *et al.* (2010) para estas cartas; en un primer cálculo se los usó a todos para evaluar la exactitud. En un segundo cálculo, los llenos con rojo fueron utilizados como dato, mientras el resto se usó para evaluar la exactitud. Debe señalarse que apenas hay tres puntos en la carta G26C.

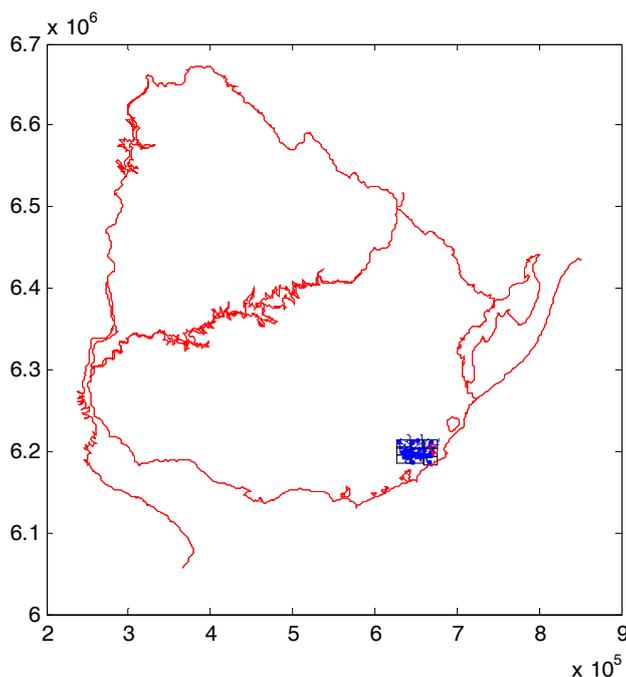


Figura 2: Localización de la zona de estudio (Fuente: *Elaboración propia*)

Para la determinación de los tramos homólogos, como primer paso se le asignó un identificador único a las trazas, se las copió a una nueva cobertura y se procedió a ocultar las trazas originales. Luego, se procedió a poner la imagen escaneada de las cartas como fondo, desplegar las trazas sobre ella e identificar los caminos homólogos a través de la disposición de las parcelas. En algunos casos las trazas no tenían un homólogo claro en la imagen, lo que puede interpretarse o bien como un camino que se abrió con posterioridad o bien un camino interno al predio que al momento de recorrerlo fue confundido con un camino público. En estos casos los tramos de traza fueron removidos. A continuación, y manualmente, se procedió a trasladar sus vértices de forma que las poligonales quedaran sobre la red vial (cuando estaba dibujada), o entre parcelas o al borde de las mismas en otro caso, caracterizando así los ejes viales.

El procedimiento no estuvo libre de ambigüedades. Debido a la generalización aplicada al momento de la vectorización, es posible que ciertas parcelas con servidumbre se mostraran como geoméricamente contiguas, colapsando el área pública entre ellas. También es posible que los caminos recorridos se correspondan con sendas internas a un predio, no necesariamente libradas al uso público pero abiertas en forma permanente. Por razones de tiempo el análisis de esos extremos y casos quedó por fuera de este trabajo, pero puede suponerse que las trazas en algún caso podrían estar a algunas decenas de metros del borde del predio. Ello limitará la exactitud alcanzable por el procedimiento, poniendo un piso inferior a la misma.

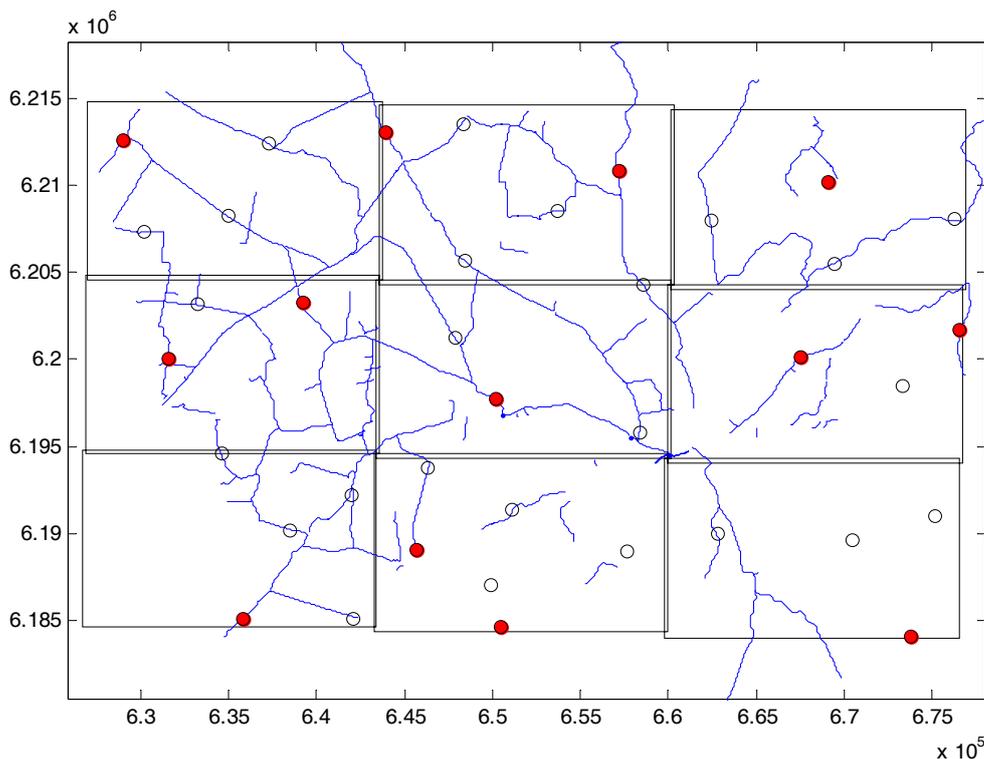


Figura 3: Distribución de la caminería disponible en la zona de estudio, y localización de los puntos de control (ver texto). Nótese que la red vial en la carta G26c (central) es relativamente escasa. (Fuente: *Elaboración propia*)

No fue posible determinar la exactitud geométrica atribuida a las trazas GNSS. Desafortunadamente tampoco hay información del registro original (en formato RINEX, por ejemplo) que indirectamente aporten datos sobre la fecha de la captura y otros detalles. Basado en estas limitaciones, es posible suponer que tampoco las coordenadas adoptadas como representativas de la realidad de la red vial tengan ellas mismas una exactitud mucho mejor a las decenas de metros.

La carta G26C fue seleccionada arbitrariamente dentro de aquellas correspondientes al departamento de Lavalleja. La razón de esta elección es la existencia del antecedente del trabajo de Barreto *et al.* (2010) en que se evaluó la exactitud planimétrica de la cobertura catastral. Según los metadatos consultados, esa cartografía vectorial tiene un ancestro común en la cartografía CONEAT analógica, lo cual se verá luego no está claramente confirmado. El total de caminería GNSS propio de la carta G26C es de apenas 11.5 km, y el total de nueve cartas es de 51 km. La Fig. 4 ilustra la distribución de la longitud de la red vial por carta. Se puede ver que el 10% tienen menos de 12 km, el 70% tienen menos de 50 km y el 90% tienen menos de 82 km. Desafortunadamente la carta elegida se encuentra entre el decil con menor longitud de red vial, lo que de alguna manera ha condicionado los resultados.

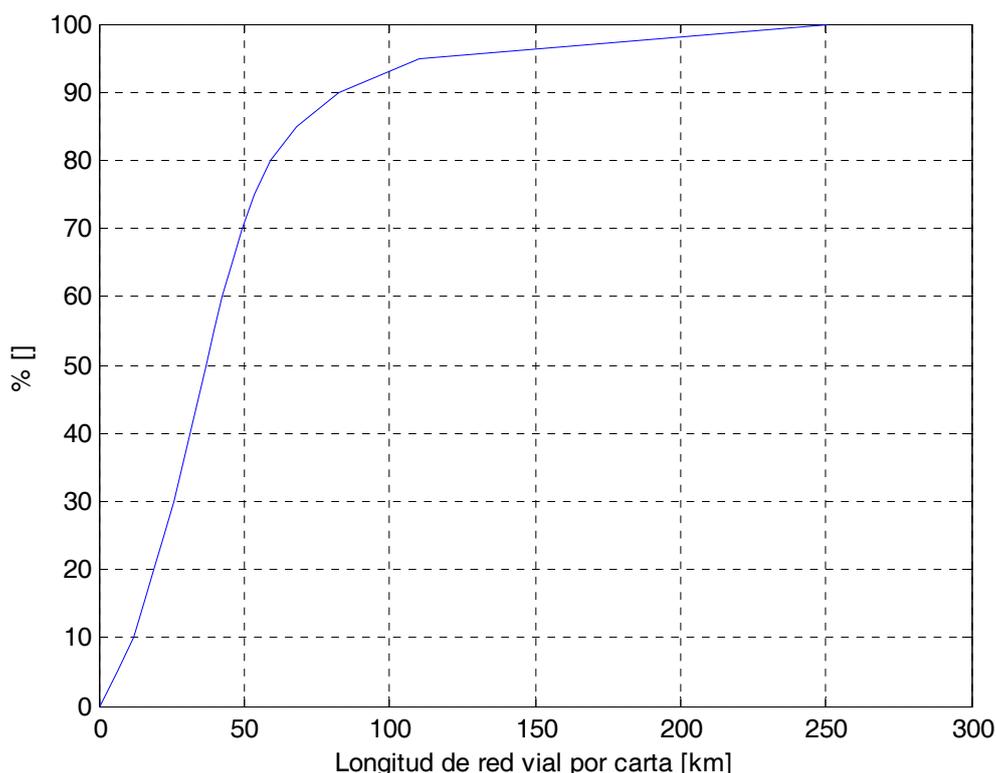


Figura 4: Frecuencia acumulada de longitud de la red vial por carta CONEAT. El 80% de las mismas tiene entre 12 y 82 km (Fuente: *Dell'Acqua y Petraglia, 2014*)

La exactitud de la transformación lograda debe ser evaluada utilizando información de campo independiente. Para ello, se dispuso de los Puntos de Control (PC) utilizados por Barreto *et al.* (2010), para los que existen monografías descriptivas. Según Blanco (2014) ellos típicamente se apoyaron en vértices de predios, bifurcaciones, etc. siempre tomadas sobre los límites de las parcelas. Por lo tanto, se procedió a insertar sobre las mismas imágenes del CONEAT los puntos del parcelario (PP), reservando sus homólogos tomados con GNSS para el control. Si bien supuestamente el parcelario actual se derivó en su momento del parcelario en papel del CONEAT (compartiendo así un ancestro común) el trabajo realizado mostró que los PP no se correspondían prácticamente en ningún caso con vértices de parcelas tal como aparecen en la imagen raster. Sin perjuicio de futuros análisis, lo que se hizo fue conjeturar por proximidad cuál podría ser el punto de la parcela, y se procedió a asignarle sus coordenadas manteniendo las coordenadas de campo. Al momento de escribir este trabajo se ignora el origen de la discrepancia entre el parcelario que se manejó en Barreto *et al.* (2010) y la imagen del CONEAT disponible.

Para las nueve cartas, había disponible un total de 38 puntos de control. Siguiendo a Barreto *et al.* (2010) se decidió utilizar el estándar NSSDA (FGDC, 1998) para la cuantificación de la

exactitud, desestimando la discriminación por estratos allí realizada por no ser suficiente el número de puntos de control disponibles. La transformación matemática tiene dos componentes: el primero, basado en la regla del inverso de la distancia al cuadrado. El segundo término se minimiza de forma de forzar a que el determinante del Jacobiano de la transformación esté comprendido entre 0.8 y 1.2. Esos números son equivalentes a la contracción o dilatación local de las áreas. La minimización requirió el uso del paquete MIPS versión 4.0 (Zimmerman *et al.*, 2011), especificándose las tolerancias iguales a $1e-3$.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Se realizaron dos cálculos. En el primero se utilizó exclusivamente la red vial de las nueve cartas y toda la transformación se basó en ellos (ver Fig. 5). En el segundo caso, se amplió la información vial con 13 de los puntos de control disponibles, dejando libres para valorar la exactitud resultante a los 25 restantes (ver Fig. 6). Los resultados (numéricos y visuales) son prácticamente los mismos, y la razón puede buscarse en la localización de los puntos de control utilizados, en algunos casos muy próximos a la red vial.

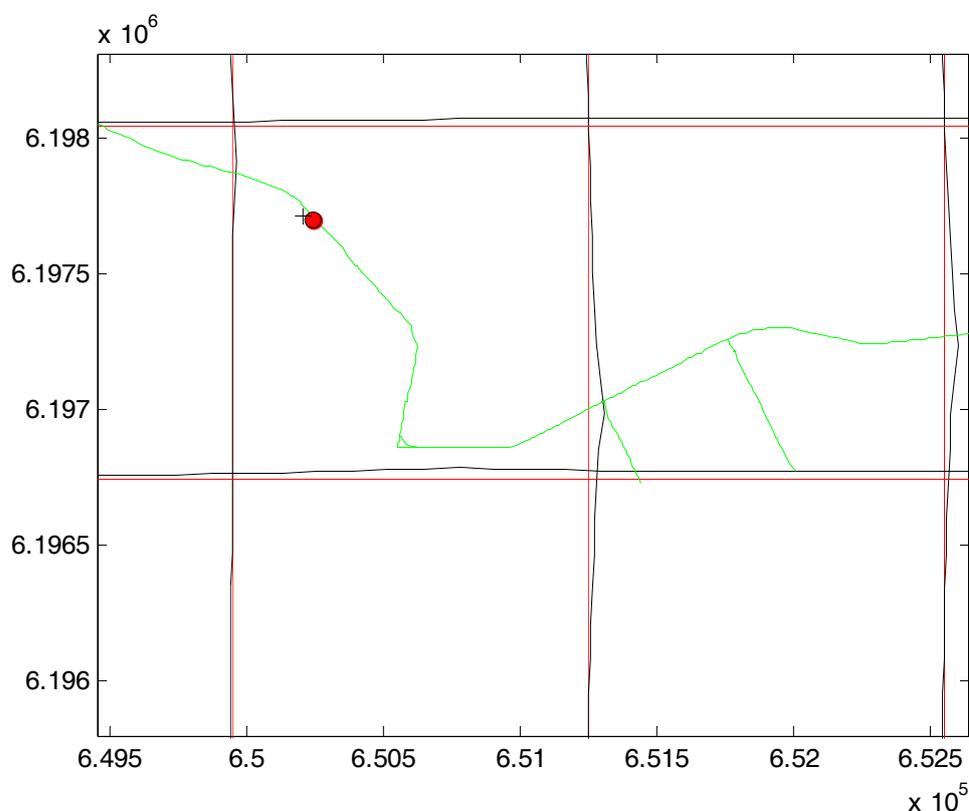


Figura 5: Ilustración de un detalle de las transformación obtenida usando únicamente la red vial. Se indica en rojo un canevas de partida (regular) y en negro la versión transformada. En verde se ilustra la red vial que participó en el cálculo. El Punto de Control transformado se muestra con "+", y el original en un disco rojo. Nótese que la distorsión está concentrada alrededor de la red vial, y que por lo tanto su baja densidad tiene un efecto negativo importante en la transformación. (Fuente: *Elaboración propia*)

Para la aplicación del estándar NSSDA se deben confirmar hipótesis de separación mutua, distribución normal e independencia. La separación mutua estrictamente no se cumple en todos los casos: la diagonal C del dominio mide 58 km, y la distancia mutua mínima es de 2.5 km. De las 703 distancias mutuas entre los 38 puntos, sólo en 27 casos el valor es menor a $C/10$. En el caso de 25 puntos, de las 600 distancias mutuas sólo 12 no cumplen el requisito. Considerando que no están excesivamente próximos y que son pocos los casos en que el requisito no se cumple se decidió igualmente aceptar como satisfactoria la situación Tras la aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov con un 95% de nivel de

confianza se confirma que para las dos poblaciones de 38 y 25 PC los desplazamientos en x e y son normales. No se analizó la independencia entre ellos.

Para el cálculo utilizando únicamente la red vial, la exactitud inicial, intermedia y final según NSSDA fue de 136, 94 y 95 m respectivamente. Para el caso en que se adicionaron 13 puntos de control, los mismos valores fueron de 146 m, 96 m y 98 m respectivamente, lo que muestra en ambos casos una reducción del orden del tercio del error de partida.

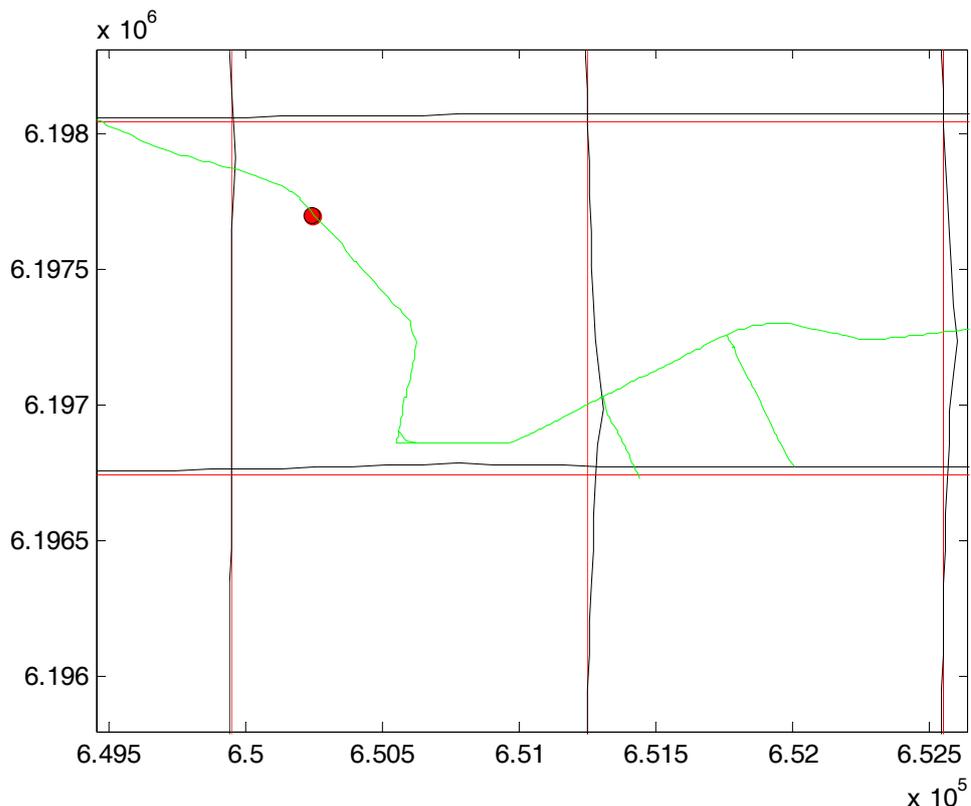


Figura 6: Ilustración de un detalle de las transformación obtenida usando la red vial y 13 puntos de control. Al estar el punto de control prácticamente sobre la misma red vial el efecto en la transformación matemática es prácticamente invisible. (Fuente: *Elaboración propia*)

5. CONCLUSIONES

Se ha analizado la posibilidad de aplicar un Programa de Mejora de Exactitud Posicional (PROMEPE) a una cartografía edafológica de alcance nacional elaborada a principios de los años '70, consistente en 1106 cartas de escala nominal 1:20.000, mediante un ensayo en una carta y sus vecinas. Se ha optado por definir y aplicar una transformación matemática que se apoye en datos de la red vial capturados con GNSS. Con ello se transformaría una cartografía catastral (solidaria con la edafológica) la cual tiene clara presencia en el terreno y por lo tanto su exactitud final es auditable. La transformación considerada manipula objetos lineales y puntuales, en contraste con la práctica corriente en confluencia de usar objetos puntuales. Una vez definida, la transformación puede aplicarse a la cobertura edafológica manteniendo las relaciones topológicas internas, así como la relación con las parcelas.

El problema es representativo de varios escenarios. Uno realista es cuando el propietario/productor de la información necesita mejorar su exactitud planimétrica por necesidades y/o aplicaciones no anticipadas, en una situación de fondos y plazos limitados sin perjuicio de disponer de otros mecanismos como el acceso a la verdad del terreno. Otro posible es el de un usuario, que no tiene recursos ni posibilidades de acceder a fuentes alternativas, enfrentados con la necesidad de armonizar geoméricamente cartografía de varios linajes. Aún otro caso realista trataría de información antigua, en la que ya no puede

accederse al terreno para construirla desde cero y por lo tanto debe acondicionarse para su uso con información de diferente exactitud. La hipótesis subyacente es que aún existiendo la posibilidad de recoger la información nuevamente, la misma no puede considerarse en la práctica porque su costo es prohibitivo, pero además por no requerirse una exactitud geométrica extrema. En el procedimiento no hay prácticamente nada específico a la edafología: se podría aplicar a cualquier información geográfica que directa o indirectamente sea solidaria con objetos tipo línea y punto, y posteriormente se arrastrarían todas las coberturas relacionadas.

Los resultados muestran que es posible mejorar sensiblemente la exactitud de partida utilizando únicamente la información mencionada. La exactitud de partida (previa a la transformación) alcanzaba los 136 m calculados según el estándar NSSDA, y tras la transformación se redujo a 95 m. La carta elegida es particularmente poco representativa, debido a la baja densidad de la red vial de la misma que la ubica en el primer 10% de la población. El resultado obtenido, por lo tanto, debe considerarse como muy pesimista, y se puede especular que mejorará drásticamente en el 90% de las cartas disponibles al tener una red vial más densa. Incluso en estas circunstancias, el cálculo realizado utilizando solamente la red vial resultó comparable con el obtenido agregando información de puntos. Ello es importante para considerar una aplicación masiva: la información vial ya está recogida y al no requerirse puntos nuevos todo el proceso puede realizarse en gabinete. Será importante ensayar el método en un caso más representativo, tanto para ésta cartografía como para la catastral usada como intermedia.

El linaje de la cartografía CONEAT deja en evidencia la dificultad que habrá en encontrar una transformación suave que permita acercar los objetos a sus coordenadas de terreno. Las deformaciones geométricas son suaves dentro de una misma escena del fotoplano, ya que sólo restarían corregir los desplazamientos debido a la topografía, pero en el conjunto se trataría de un mosaico continuo de transformaciones suaves. Sin perjuicio de esta hipótesis, en este trabajo se ha asumido que la topología de la cartografía es correcta, y por lo tanto de entre todas las transformaciones disponibles sólo se han considerado aquellas que la preservan. Ello limita drásticamente al conjunto de posibles métodos a aplicar. En este caso se ha decidido priorizar el uso de información de campo de relativamente fácil captura: las trazas GNSS de vehículos que recorran la red vial son un buen ejemplo. El método podría aplicarse igualmente si estuviera disponible un catastro geoméricamente apropiado a los fines del CONEAT en el siglo XXI.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección Nacional de Catastro el dar acceso a los datos de campo descritos en Barreto *et al.* (2010), y al Ing. Agrim. Danilo Blanco por aclarar algunos aspectos del mismo. El interés demostrado por los Ing. Agr. Cecilia Petraglia y Martín Dell'Acqua fue decisivo para realizar el trabajo, y además suministraron y acondicionaron información varia. El A/P José Lazo aportó información muy oportuna sobre la confección de los fotoplanos. La edición de la cobertura GNSS fue realizada por el Sr. Antonio Arroyal.

7. REFERENCIAS

- Bacci, A. P. 1984 "Experiencia nacional de apoyo Geocartográfico al Catastro". *Boletín del Servicio Geográfico Militar*. Vol 7, 69-78.
- Barreto, L.; Bermúdez, H.; Blanco, D.; Di Leoni, A.; Faure, J.; Méndez, R.; Pérez-Rodino, R. y Sánchez, M. 2010 "Evaluación de la calidad de la exactitud geométrica absoluta del parcelario rural digital vectorial del Departamento de Lavalleja". *I Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales*, 25-26 Oct. 2010, 10pp.
- Blanco, D. 2014 Comunicación personal
- Dell'Acqua, M. y Petraglia, C. 2014 Comunicación personal
- Doytsher, Y; Filin, S. and Ezra, E. 2001 "Transformation of Datasets in a Linear-based Map Conflation Framework". *Surveying and Land Information Systems*, 61, 3, 159-169

FGDC 1998, "Geospatial Positioning Accuracy Standards; Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy", *Federal Geographic Data Committee*, FGDC-STD-007.3, Washington, D.C. 28 pp.

Hauert, J. H. 2005 "Link based Conflation of Geographic Datasets". In *8th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, A Coruña, 7-8 July, 7pp.

Hope, S. 2008. Integration of Vector Datasets. *Ph. D. Thesis*, Dept. of Geomatics. University of Melbourne, Australia, 341 pp.

Lazo, J. M. 2014. Comunicación personal

López, C. 2010. "Requerimientos de un Programa de Mejora de Exactitud Posicional" 2010. *Anales del I Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales*, 25-26 Octubre de 2010, Montevideo, Uruguay. 11 pp

López-Vázquez, C. y Manso Callejo, M.A., 2013. "Point and Curve-Based Geometric Conflation". *International Journal of Geographic Information Science*, 27, 1, 192-207

Saalfeld, A. 1988 Conflation: Automated Map compilation, *International Journal of Geographical Information Systems*, 2, 217-28.

Zimmerman, R. D.; Murillo-Sanchez, C. E. and Thomas, R. J. 2011 "MATPOWER: Steady-State Operations, Planning and Analysis Tools for Power Systems Research and Education", *IEEE Transactions on Power Systems*, 26, 1, 12-19

RESEÑA BIOGRÁFICA:

Carlos López-Vázquez nació en Montevideo en 1961, habiéndose graduado en Ingeniería Industrial en 1987 por la Universidad de la República (Uruguay). Su formación académica se complementa con un título de maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada (1993), y uno de doctorado relativo al control de calidad de datos geográficos, obtenido en 1997 en Estocolmo, Suecia. Es Docente Estable del programa de Doctorado en Agrimensura de la Universidad de Catamarca desde 2004, y del programa de Doctorado en Topografía de la Universidad Politécnica de Madrid también desde 2004. En su actividad profesional ha tenido a cargo la implementación del ClearingHouse Nacional de Datos Geográficos (Uruguay) así como la formulación del proyecto de la IDE de Uruguay para 2010-2020. En su actividad académica trabajó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República desde 1986 hasta agosto del 2000 donde dictó cursos y dirigió varios proyectos (académicos y de investigación) así como grupos de trabajo. Fue director del Centro de Cálculo entre 1997 y 1999. Fue catedrático de Cálculo Numérico en el Universitario Autónomo del Sur desde 1998 hasta 2010. Actualmente está a cargo de la dirección del Laboratorio de Geomática en la Universidad ORT del Uruguay. Es Investigador Nivel I de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay. El CV completo, forma de contacto así como copia de sus tesis y la mayoría de sus publicaciones puede encontrarse en <http://www.thedigitalmap.com/~carlos>