

PRINCIPALES MÉTODOS DE CONTROL POSICIONAL POR ELEMENTOS LINEALES. COMPARACIÓN MEDIANTE SU APLICACIÓN A LÍNEAS SINTÉTICAS

ANTONIO TOMÁS MOZAS CALVACHE¹ y FRANCISCO JAVIER ARIZA LÓPEZ²
Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén,
Campus "Las Lagunillas". Edificio A-3.23071. Jaén. España
[1. antmozas@ujaen.es](mailto:antmozas@ujaen.es) [2. fjariza@ujaen.es](mailto:fjariza@ujaen.es)

RESUMEN

El control de calidad posicional de los productos cartográficos puede realizarse mediante metodologías basadas en el uso de elementos lineales. Estos métodos han sido planteados por los autores de forma independiente sin que hasta el momento se haya ensayado y realizado una comparación entre los mismos. En este trabajo se muestra una descripción de los principales métodos propuestos, así como los resultados de su comparación, para lo que se ha utilizado una serie de líneas sintéticas con errores simulados, concluyendo que los resultados aportados por cada uno de los métodos son complementarios para identificar y cuantificar el error introducido en cada caso.

Palabras clave: Calidad, cartografía, control posicional, elementos lineales.

MAIN METHODS FOR POSITIONAL QUALITY CONTROL USING LINEAR ELEMENTS. A COMPARISON APPLIED TO SYNTHETIC LINES

ABSTRACT

Positional quality control in cartography can be undertaken by means of different methodologies using linear elements. These methods have been developed independently without been tested together. In this paper, these methods are described and compared using a series of synthetic lines with simulated errors. The analysis of the results shows that all methods are complementary in order to identify and quantify the simulated error.

Keywords: Quality, cartography, positional control, linear elements.

1. Introducción

Los estudios de calidad posicional de los productos cartográficos presentan en la actualidad gran auge debido principalmente a la inquietud de instituciones y usuarios por estos temas. Tradicionalmente, se ha planteado este control mediante la utilización de una muestra de puntos representados en la cartografía de los que eran obtenidas sus coordenadas y comparadas con las procedentes de fuentes de mayor exactitud.

En los últimos años, han aparecido ciertos estudios que permiten plantear la posibilidad de utilizar métodos basados en elementos lineales para realizar un control posicional de la cartografía. Algunos de estos métodos, como el basado en las Distancias de Hausdorff (Abbas *et al.*, 1995), consideran las líneas como una secuencia de puntos por lo que el control se reduce a una determinación de distancias entre los mismos. Otros métodos más avanzados, consideran las líneas como tales y calculan un desplazamiento promedio entre las mismas basándose en la idea de incertidumbre lineal como el método de Banda Épsilon (Skidmore y Turner, 1992) o realizan la estimación de esta incertidumbre para un cierto nivel de confianza mediante un orlado sobre la línea de control (Goodchild y Hunter, 1997) o sobre ambas líneas (Tveite y Langaas, 1999).

Trabajos como los de Giordano y Veregin (1994), Ariza (2002) y Atkinson y Ariza (2002) analizan estos métodos realizando una comparación a nivel teórico de los mismos. Sin embargo, no existe un estudio que cuantifique sobre datos reales las diferencias entre los diversos métodos presentados.

En este trabajo se describen los principales métodos de control por elementos lineales aparecidos hasta la fecha comparándolos mediante su aplicación a una serie de líneas sintéticas con errores inducidos y controlados para estudiar como se comporta cada metodología. La utilización de estas líneas sintéticas supone, por tanto, la realización de un experimento controlado con la finalidad de conocer cómo se comportan estos métodos de control de forma previa a su utilización sobre bases de datos cartográficas reales (Mozas, 2007).

2. Antecedentes: Principales métodos de control por elementos lineales

2.1. Método basado en las Distancias de Hausdorff

Esta metodología se basa en los trabajos de Abbas *et al.* (1995) y permite evaluar la exactitud planimétrica a partir de las distancias de Hausdorff de pares de objetos. El método propuesto utiliza la distancia de Hausdorff como herramienta matemática entre una pareja de líneas. Se basa en el cálculo de las distancias de Hausdorff sobre pares de líneas homólogas. El procedimiento consiste en:

1. Seleccionar una muestra de líneas en la base de datos (X).
2. Seleccionar las mismas líneas en otra fuente de mayor exactitud (Q).

3. Regularización de las líneas Q y X. Para ello deberemos eliminar aquellos detalles discordantes producidos por aspectos como tamaño, forma, complejidad, número de segmentos en los elementos lineales, ..., que perturbarían el resultado final. Su eliminación se logra mediante un proceso de simulación sobre cada pareja de líneas a partir de valores sobre la exactitud del mapa y de la referencia.

4. Cálculo de las distancias de Hausdorff dH. Ésta se obtiene mediante el cálculo de d1 como el máximo de las distancias menores del mapa a la referencia (X->Q) y d2 como el máximo de las distancias menores de la referencia al mapa (Q->X) ([Figura 1](#)). Sobre ellas se define la distancia dH como el máximo de entre las dos componentes anteriores:

$$d_H = \text{Max}\{d_1, d_2\}$$

5. Cálculo de las distancias medias a partir de las distancias menores del mapa a la referencia y viceversa. Esta métrica es añadida a la metodología original en Mozas (2007).

2.2. Método de Banda Épsilon

Este método está basado en el concepto de banda épsilon o de indeterminación (Perkal, 1956), y fue desarrollado por Skidmore y Turner (1992). La banda épsilon es un tipo de distribución centrado sobre una línea o borde de un polígono. Se asume que la probabilidad de la posición real de la línea sobre el terreno contenida dentro de épsilon sea 1. La anchura de la banda está determinada por el valor de épsilon, que define el grado de incertidumbre relacionada con la posición real de la línea. Cuanto más grande es épsilon, mayor es la incertidumbre.

La estimación de los valores de épsilon se realiza comparando el dato con fuentes de mayor exactitud. El procedimiento a utilizar es:

1. Seleccionar de una muestra de líneas en la base de datos.
2. Seleccionar las mismas líneas en la otra fuente de mayor exactitud.
3. Medir el área total de desplazamiento entre la línea del mapa y la línea de mayor exactitud ([Figura 2](#)).
4. Para cada línea, dividir el área por la longitud de la línea sobre el mapa para calcular un valor aproximado de épsilon.
5. El valor resultante forma una distribución estadística de los valores de épsilon. Se pueden calcular diversos parámetros de la distribución, incluso la media o el error medio cuadrático de épsilon.

2.3. Método del Orlado Simple

Esta metodología está basada en los trabajos de Goodchild y Hunter (1997). El método se fundamenta en la generación de orlados o buffers alrededor de la línea de la fuente de mayor exactitud, contabilizando el porcentaje de línea del mapa que se encuentra dentro de este orlado ([Figura 3](#)).

El procedimiento consiste en:

1. Seleccionar una muestra de líneas en el mapa.
2. Seleccionar estas mismas líneas en la fuente de mayor exactitud.
3. Generar un orlado de anchura X metros sobre las líneas de la fuente de mayor exactitud.
4. Contabilizar el percentil (%) de la longitud de la línea del mapa que se encuentra dentro del orlado.
5. Incrementar la anchura del orlado y repetir el proceso desde el punto 3.

Como consecuencia, se obtiene una distribución de probabilidades de pertenencia de la línea del mapa al orlado sobre la fuente de mayor exactitud, de forma que se puede discriminar para un percentil que se establezca como umbral la anchura de indeterminación. La representación gráfica de estos resultados genera una curva que aumenta a medida que lo hace la anchura del orlado.

2.3. Método del Doble Orlado

El método del doble orlado es ideado por Tveite y Langaas (1999) que lo denominan B.O.S. (Buffer Overlay Statistics Method). Este test puede ser usado para evaluar: la anchura de las bandas epsilon, el desplazamiento medio, el nivel de generalización y la compleción. El método se fundamenta en la generación de orlados, aunque es algo más complicado que el método del orlado simple. Esto es debido a que el proceso de orlado (buffer) se realiza sobre varias líneas: en la cartografía a analizar (X) y en la fuente de mayor exactitud (Q). Los orlados generados son denominados XB y QB respectivamente. Según las situaciones que estos orlados plantean al intersectar en el espacio, se pueden distinguir 4 tipos de áreas ([Figura 4](#)):

- Tipo 1: Zona exterior que no está incluido en ningún orlado: $\overline{XB} \cap \overline{QB}$
- Tipo 2: Zona interior al orlado de línea de la fuente de mayor exactitud y exterior al orlado de la línea del mapa: $\overline{XB} \cap QB$
- Tipo 3: Zona interior al orlado de la línea del mapa y exterior al orlado de la línea de la fuente de mayor exactitud: $XB \cap \overline{QB}$

- Tipo 4: Zona interior a los dos orlados (intersección): $XB \cap QB$

Si las líneas son muy similares, el área intersección $XB \cap QB$ será dominante a las otras, pero si las líneas presentan más diferencias, el área de los otros tipos se incrementa en función del tamaño de los desplazamientos. El área $XB \cap QB$ comparada al total de áreas de los orlados XB y QB puede ser usada como una medida de la exactitud posicional de la línea (superficie común). Si las líneas son muy similares en su forma y posición, el área tipo 4 domina sobre las demás, mientras que si aumentan las áreas tipo 2 y 3 en función del tamaño del orlado será un síntoma de que existe variación en tamaño y posición. Cuando son similares en forma pero difieren en posición (existe un desplazamiento), se puede obtener una estimación de la exactitud posicional cuando el área de tipo 4 ($XB \cap QB$) se aproxima al 50% de las áreas de XB o QB .

Tveite y Langaas (1999) presentan algunas medidas evaluadoras de la exactitud posicional:

Desplazamiento promedio: El desplazamiento promedio para cada tamaño de orlado (i) se calcula con la expresión:

$$DE_i = \frac{\pi 2bs_i \overline{Área}(XB_i \cap QB_i)}{2 \overline{Área}(XB_i)} = \pi bs_i \frac{\overline{Área}(XB_i \cap QB_i)}{\overline{Área}(XB_i)}$$

donde bs_i es la anchura del orlado.

Esta medida se usa para determinar la media de los desplazamientos de una línea Q de mayor exactitud sobre otra línea X .

Si se representan gráficamente los resultados del desplazamiento promedio cabe esperar que la curva resultante de aplicar la expresión a varias distancias de orlado aumente regularmente hasta que el tamaño del orlado alcance el desplazamiento medio de las líneas, entonces la curva debería comenzar a estabilizarse. La forma de la curva, por lo tanto, dará una indicación del desplazamiento promedio. También se puede realizar una evaluación de la banda épsilon media de la línea X .

Oscilación: La medida de la oscilación se calcula con la expresión:

$$O_i = \frac{\# \overline{Áreas}(XB_i \cap QB_i)}{Long(X)}$$

donde $\# \overline{Áreas}()$ es el número de áreas y la $Long(X)$ es la longitud de la línea a controlar (se usa para normalizar el resultado).

Esta medida es la más útil para medir oscilaciones aleatorias. Puede ser usada como una indicación de la existencia de sistematismos (probablemente haya sistematismos si el número de oscilaciones es bajo para lo esperable en dos líneas independientes).

Gráficamente, los resultados de la oscilación muestran una curva que disminuye hasta estabilizarse a medida que se aumenta la anchura de orlado.

El procedimiento para aplicar el método sigue un proceso iterativo:

1. Seleccionar una muestra de líneas en el mapa (X).
2. Seleccionar estas mismas líneas en la fuente de mayor exactitud (Q).
3. Calcular la longitud de los conjuntos de líneas $Long(X)$ y $Long(Q)$.
4. Para un orlado de anchura bs_i metros se realiza:
 - Orlado de los elementos X y Q de las bases de datos obteniendo los polígonos XB_i y QB_i de tamaño $2bs_i$.
 - Proceder a la superposición de los polígonos generando el nuevo conjunto de polígonos XB_iQB_i .
 - Calcular las áreas de tipo 2, 3, y 4 y los estadísticos de interés (desplazamiento promedio, oscilación, compleción y sin codificación).
5. Incrementar el tamaño de orlado ($bs_i + \Delta$) y repetir el proceso desde el punto 4.
6. Obtener y analizar los resultados, estudiando los gráficos obtenidos.

3. Aplicación a líneas sintéticas

Los métodos previamente presentados son implementados tal y como fueron planteados por sus autores a través de una herramienta informática (CPLin) que fue diseñada con esta finalidad. Esta herramienta es descrita ampliamente en Mozas *et al.* (2007a, 2007b) y Mozas (2007).

Con anterioridad a la realización de un control posicional sobre productos cartográficos, se plantea en este trabajo, la aplicación de los métodos de control descritos sobre una serie de líneas sintéticas en las que se simulan errores que pueden darse en la realidad. Estos errores simulados responden a desplazamientos sistemáticos de una línea con respecto a otra, variaciones producidas por un ruido aleatorio o errores provocados por la inexactitud posicional de los puntos inicial y final de la línea.

Con esta técnica se pretende conocer cómo responde cada método a estos posibles errores habituales en cualquier base de datos geográfica, con la idea de poder conocer qué métodos son más apropiados para realizar el control y lo que es más importante, si es posible interpretar la existencia de un error conocido estudiando los resultados de los cuatro métodos globalmente.

En la [tabla 1](#) se muestran las líneas sintéticas utilizadas, correspondiendo las líneas de color negro a los elementos en los que se ha simulado el error. Además, también se presenta el tipo de error introducido cuantificando también su magnitud.

4. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología propuesta mediante la herramienta informática CPLin a las líneas sintéticas planteadas se presentan a continuación en este apartado.

4.1. Método de las distancias de Hausdorff (MDH)

La [figura 5](#) muestra los resultados de aplicar el Método de las Distancias de Hausdorff (en adelante MDH) y el Método de Banda Épsilon o Skidmore (en adelante MSK) a las líneas sintéticas planteadas.

Los resultados revelan la existencia de valores más altos de distancia de Hausdorff en las líneas 7, 1, 2, 5 y 6, mientras que las líneas 3 y 4 presentan valores menores. Estos resultados son lógicos debido a la existencia en estas líneas de errores puntuales que tienen gran relevancia en esta medida. También se detecta en los resultados que los valores de distancia obtenidos desde los vértices de la línea de la cartografía a la línea de control son, en todos los casos, iguales o superiores a las distancias entre los vértices de control y la línea de la cartografía. Esto se debe a la mayor densidad de vértices presentes en las líneas de control.

En cuanto a los valores medios de distancia obtenidos, las diferencias en todos los casos son inferiores al anterior resultado, debido a que los efectos de los errores puntuales se compensan a lo largo de la línea. El mejor comportamiento se da en la línea 3 y los máximos en las líneas 1 y 2.

La línea 4 (con un desplazamiento sistemático) tiene valores iguales de distancia máxima y media. Sin embargo, para el resto de líneas los valores obtenidos de las distancias máximas y medias varían. De esta forma, se observa en los valores máximos obtenidos una gran sensibilidad a cualquier desplazamiento puntual, ya sea o no mantenido una cierta longitud. También estos valores máximos son muy sensibles a la falta de precisión en la determinación de los inicios y finales de las líneas (línea 7). Sin embargo, los valores medios de distancias tienen menor sensibilidad a estos errores puntuales, ya que este error se compensa a lo largo de la línea. Como es lógico, los valores medios son menores cuando existe un desplazamiento aleatorio simulado, mostrándose superiores cuando se simula un desplazamiento sistemático.

Una interpretación de estos resultados muestra que este método puede dar información de la existencia de errores puntuales o falta de precisión en la determinación de los inicios y finales de líneas. Para esto, sólo hay que detectar valores máximos (distancias de Hausdorff) muy por encima de los medios (distancias medias). Sin embargo, esta información sólo permite asegurar la presencia de estos errores, sin que dictamine el número de ellos y la magnitud de los mismos.

4.2. Método de Banda Épsilon o Skidmore (MSK)

En cuanto a los resultados obtenidos con el método MSK ([figura 5](#)) muestran valores más bajos de desplazamiento (Superficie/Longitud) en las líneas 3 y 6 y mayores para las líneas 1 y 2. El resto de líneas muestran un comportamiento cercano a los 5-6 m de desplazamiento.

Los resultados del método MSK son interpretables como un valor medio del desplazamiento. Los errores aleatorios son compensados, mientras que el resto se comporta de manera parecida a los valores medios del método MDH, por lo que aquellas líneas que simulan desplazamientos sistemáticos (línea 1 y línea 2) obtienen valores superiores a las que simulan desplazamientos aleatorios (línea 3). Por otro lado, la falta de precisión en los puntos inicial y final de la línea (caso 7), provoca un valor superior de desplazamiento.

4.3. Método de Orlado Simple (MOS)

Los resultados de aplicar el método MOS a las líneas sintéticas planteadas para anchuras de orlado que abarcan desde 1 a 20 m incrementadas cada metro se presentan en forma de las funciones de distribuciones obtenidas, representándose de forma gráfica en la [figura 6](#).

En general, las líneas alcanzan el valor máximo del 100% de inclusión antes de utilizar la anchura de orlado de 15 m. Sólo para la línea 7 es necesario llegar hasta la anchura de 19 m para conseguir la plena inclusión de la línea en el orlado.

Como es obvio, la línea 4 presenta valores de total inclusión a partir de 6 m y nula inclusión con 5 m o menos de anchura, por lo que en el intervalo de 5 a 6 m se produce el salto de 0 a 100 %. El resto de líneas ofrecen tendencias más suaves con incrementos más fuertes en las anchuras de orlado más bajas y tendencias menos acusadas en valores más altos de anchura de orlado hasta alcanzar el porcentaje máximo.

Las líneas 1, 2, 4 y 7, que poseen un cierto desplazamiento sistemático, presentan valores nulos hasta alcanzar la anchura de orlado de 5 m, mientras que el resto parten con porcentajes de entre un 10% y un 20%.

El método MOS aplicado a estas líneas sintéticas presenta resultados más difíciles de interpretar que los casos anteriores (MDH, MSK). Si se observan las curvas de las funciones de distribución obtenidas se puede inferir un desplazamiento sistemático cuando los valores de la función son muy bajos. Por ejemplo, en la línea 1 y la línea 2 la curva arranca a partir del valor del desplazamiento inicial (5.5 m), tendiendo posteriormente a buscar un valor en el que el error simulado sea superado. En la línea 4, que sólo simula un desplazamiento sistemático, una vez alcanzado el valor de dicho desplazamiento, la curva llega al 100%. Por otro lado, las líneas con errores aleatorios simulados, al tener cruces con la línea de control, nunca parten de un porcentaje nulo y presentan curvas menos tendidas en las que se alcanza el 100% de una forma menos brusca. Por último, la línea 7 con errores en los puntos iniciales y finales tiene comportamientos similares a las líneas que simulan desplazamientos.

Los resultados obtenidos con este método aportan información acerca de aquellas líneas que tienen errores sistemáticos presentando curvas con saltos bruscos (línea 4) y aquellas que mayoritariamente poseen errores aleatorios donde las curvas tienen comportamientos más suaves (líneas 2 y 5).

4.4. Resultados del Método de Orlado Doble (MOD)

La aplicación del método MOD en este trabajo genera tres valores resultantes para cada anchura de orlado analizada: Superficie común, desplazamiento promedio y oscilación.

En cuanto a la superficie común, la [figura 7](#) presenta los resultados obtenidos tras aplicar esta métrica del método MOD a las líneas sintéticas planteadas para anchuras de orlado que abarcan desde 1 a 20 m incrementadas cada metro.

Los resultados reflejan curvas ascendentes a medida que se aumenta la anchura de orlado, tendiendo a estabilizarse para los valores más altos de ésta. Las líneas 1, 2, 4 y 7 parten con valores nulos para las anchuras de 1 y 2 m, teniendo el resto unos valores mínimos en el intervalo de 10 a 20 m. Por otro lado, para una anchura de 20 m, se alcanzan valores entre un 80% y un 90% de superficie común. La línea 7 presenta una evolución similar al resto, con un ascenso hasta alcanzar un valor estable en torno al 80% de superficie común.

Las gráficas correspondientes a la superficie común tienen aspectos similares. Sólo puede significarse diferencias en el valor de partida, ya que las líneas que tienen solo errores sistemáticos parten de valores nulos (líneas 1, 2, 4 y 7), mientras que el resto parte de un valor superior.

Las similitudes con las curvas obtenidas a partir del método MOS son evidentes, aunque con la diferencia de que la medida de la superficie común se comporta como una línea con tendencia a alcanzar un valor máximo que no podrá ser superado, mientras que en el método MOS se puede alcanzar el 100% de inclusión en el orlado aumentando la anchura del mismo.

El desplazamiento promedio obtenido tras aplicar el método MOD a las líneas sintéticas se presenta en la [figura 8](#) para las anchuras de orlado de 1 hasta 20 m incrementadas cada metro. Los resultados muestran curvas ascendentes a medida que se aumenta la distancia de orlado hasta alcanzar un valor de desplazamiento estabilizado con tendencia a descender en los casos donde la superficie del orlado a controlar se reduce a consecuencia de los quiebros de la propia línea con respecto a la superficie de un orlado producido por una línea sin quiebros de la misma longitud (líneas 4 y 7).

El desplazamiento promedio, como su propia denominación indica, es interpretado como la diferencia promediada entre las dos líneas. Los resultados muestran en todos los casos una curva que alcanza un valor para estabilizarse a continuación. El valor máximo obtenido de este desplazamiento puede ser considerado como el desplazamiento promedio de la línea estudiada y presenta mayores valores en las líneas con desplazamientos sistemáticos y errores puntuales simulados (líneas 1 y 2).

Los resultados correspondientes a la oscilación se presentan gráficamente en la [Figura 9](#). Presentan curvas con valores ascendentes hasta que intersectan los orlados para descender después y estabilizarse en 0.01 áreas/m cuando se llega a cierta anchura de orlado en las líneas 1 y 2. En las líneas 4 y 7 el valor se mantiene estable en el mínimo 0.01 ya que no existe oscilación (considerando como 2 el mínimo número de áreas vacías), y en las líneas 3, 5 y 6 se presentan comportamientos descendentes hasta estabilizarse en ese mismo valor mínimo.

La oscilación puede interpretarse como una medida del sesgo del desplazamiento entre las líneas. Presenta unas gráficas con curvas escalonadas con tendencia descendente en las líneas sin desplazamiento sistemático y ascendente a valores pequeños de orlado en las líneas con dicho desplazamiento, tendiendo en todos los casos a un valor estable cuando se aumenta la anchura de orlado.

5. Conclusiones

En este trabajo se han descrito los métodos más importantes planteados por diversos autores en lo relativo al control posicional cartográfico por elementos lineales. Estos métodos, que fueron presentados individualmente, han sido aplicados conjuntamente a un conjunto de líneas sintéticas con errores simulados para interpretar su comportamiento y poder establecer qué casos puede detectar cada metodología y cuál resulta más apropiada en cada situación.

Los resultados obtenidos muestran un comportamiento distinto según el método utilizado. El Método de las Distancias de Hausdorff ofrece información acerca del error máximo alcanzado, así como de la media de errores entre los vértices de las líneas, mientras que el Método de Skidmore aporta un valor de desplazamiento promedio a partir de la superficie encerrada por las mismas. Con el Método del Orlado Simple se obtiene un valor de incertidumbre en la inclusión de la línea dentro de un orlado sobre el elemento de control. Por último, el Método del Doble Orlado muestra un porcentaje de solape de los orlados, una medida del desplazamiento promediado y un valor de la oscilación debido a los cruces producidos entre los orlados.

La aplicación de cada una de las metodologías aporta una importante información que puede ser complementaria sobre el comportamiento de las líneas. Por tanto, el estudio de estas líneas sintéticas permite adquirir una idea de cómo se ha comportado cada método con una línea a la que se le ha incorporado un error conocido. En casos reales, las líneas, a priori, van a poseer numerosos desplazamientos, cada uno debido a un error en concreto. Resultará difícil identificar el tipo de error existente en casos reales, aunque el estudio presentado en este trabajo es de utilidad para conocer cómo se comporta cada método y adquirir una visión global de cada uno. En definitiva, los resultados aportados indican que los distintos métodos de control por elementos lineales deben estudiarse de forma combinada ya que la interpretación que cada método aporta puede resultar complementaria. Los resultados obtenidos sugieren la conveniencia de aplicar todos los métodos para identificar y comprobar todos los posibles desplazamientos existentes.

6. Agradecimientos

Esta investigación se ha realizado dentro del proyecto de investigación "Control de calidad posicional de Cartografía por elementos lineales (ConPoCar)" del Ministerio de Educación y Ciencia (BIA2003-02234).

Referencias bibliográficas

Abbas, I.; Grussenmeyer, P. y Hottier, P. (1995): "Contrôle de la planimétrie d'une base de données vectorielles: une nouvelle méthode basée sur la distance de Hausdorff : la méthode du contrôle linéaire", *Bul. S.F.P.T.*, 137, pp. 6-11.

Ariza, F. J. (2002): *Calidad en la producción cartográfica*. Ra-Ma, Madrid.

Atkinson, A. D. J. y Ariza, F. J. (2002): "Nuevo enfoque para el análisis de la calidad posicional en cartografía mediante estudios basados en la geometría lineal", *XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, Santander (España), 5-7 de junio.

Giordano, A. y Veregin, H. (1994): *Il controllo di qualità nei sistemi informativi territoriali*, Ed. El Cardo, Venecia, Italia.

Goodchild, M. F. y Hunter, G. J. (1997): "A simple positional accuracy for linear features", *Int. Journal of Geographical Information Science*, 11 (3), pp. 299-306.

Mozas, A. T., Ureña, M. A. y Ariza, F. J. (2007a): "Bases computacionales para el desarrollo de herramientas de control posicional de la cartografía mediante elementos lineales", *Revista Mapping* n° 116, pp. 22-29.

Mozas, A. T., Ureña, M. A. y Ariza, F. J. (2007b): "CPLin: Una herramienta para el control posicional de la cartografía mediante elementos lineales", *Revista Mapping*, 116, pp. 81-87.

Mozas, A. T. (2007): *Control de calidad posicional en cartografía por elementos lineales*, Tesis doctoral, Universidad de Jaén.

Perkal, J. (1956): "On epsilon length". *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences*, 4, pp. 399-403.

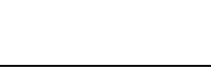
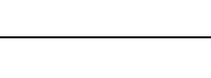
Skidmore, A. K. y Turner, B. J. (1992): "Map Accuracy Assessment Using Line Intersect Sampling", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58 (10): 1453-1457.

Tveite, H. y Langaas, S. (1999): "An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering", *Int. Journal Geographical Information Science*, 13 (1), pp. 27-47.

Mozas Calvache, A. T. y Ariza López, F. J. (2008): "Principales métodos de control posicional por elementos lineales. Comparación mediante su aplicación a líneas sintéticas", *GeoFocus (Artículos)*, n° 8, p. 187-204. ISSN: 1578-5157

TABLAS

Tabla 1. Líneas sintéticas utilizadas

| Línea | Imagen | Dimensiones [a controlar /control] [m] | Despl. Sistem. [m] | Error puntual [m] | Inexactitud en determinación del punto inicial y final [m] | Observaciones |
|-------|---|--|--------------------|-------------------|--|---|
| 1 |  | 198/199.2 | 5.5 | 14.2 | - | Simula un error puntual |
| 2 |  | 198/201.3 | 5.5 | 14.2 | - | Simula un error puntual mantenido cierta longitud |
| 3 |  | 198/208.7 | - | 5.5 | - | Simula un error tipo zig-zag |
| 4 |  | 198/198.0 | 5.5 | - | - | Simula un desplazamiento sistemático |
| 5 |  | 198/208.5 | - | 14.2 | - | Simula un error tipo zig-zag y un error puntual mantenido cierta longitud |
| 6 |  | 198/217.5 | - | 14.2 | - | Simula un error tipo zig-zag y un error puntual |
| 7 |  | 168/165.0 | 5.5 | - | 17.3 | Simula un error en la determinación de los puntos inicial y final |

FIGURAS

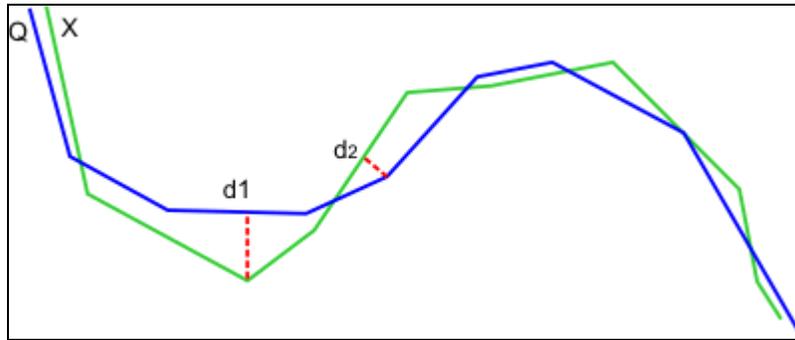


Figura 1. Método basado en las distancias de Hausdorff.

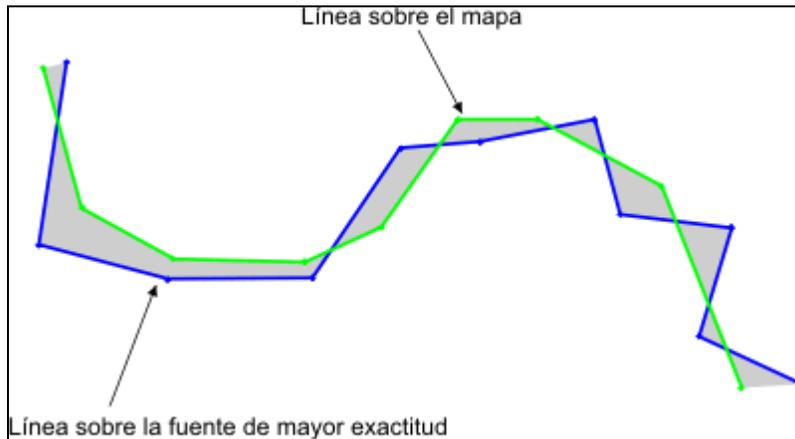


Figura 2. Método de banda epsilon.

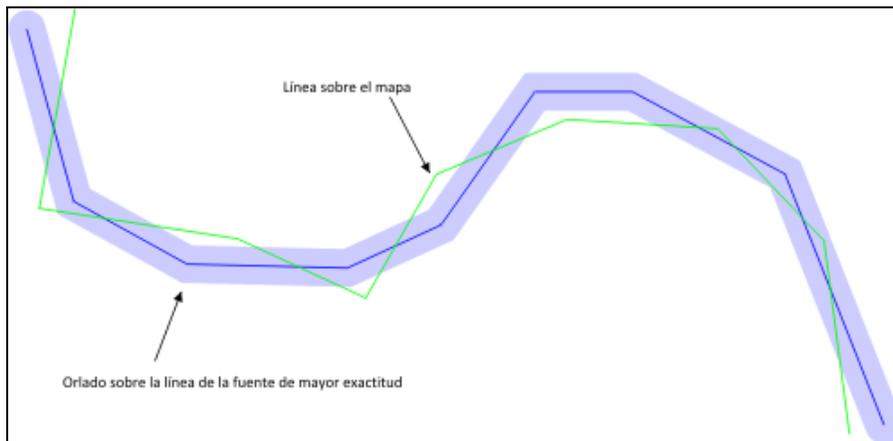


Figura 3. Orlado simple.

Mozas Calvache, A. T. y Ariza López, F. J. (2008): "Principales métodos de control posicional por elementos lineales. Comparación mediante su aplicación a líneas sintéticas", *GeoFocus (Artículos)*, n° 8, p. 187-204. ISSN: 1578-5157

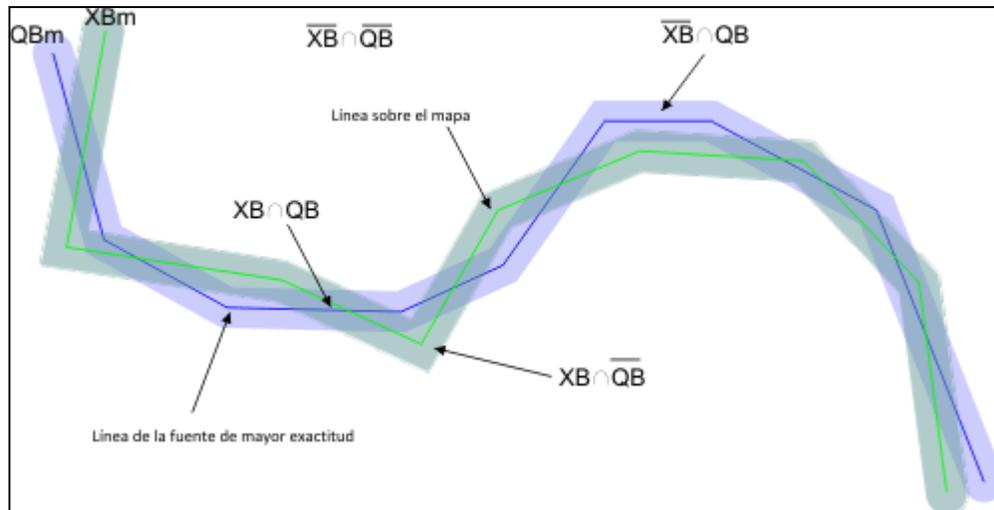


Figura 4. Método de doble orlado.

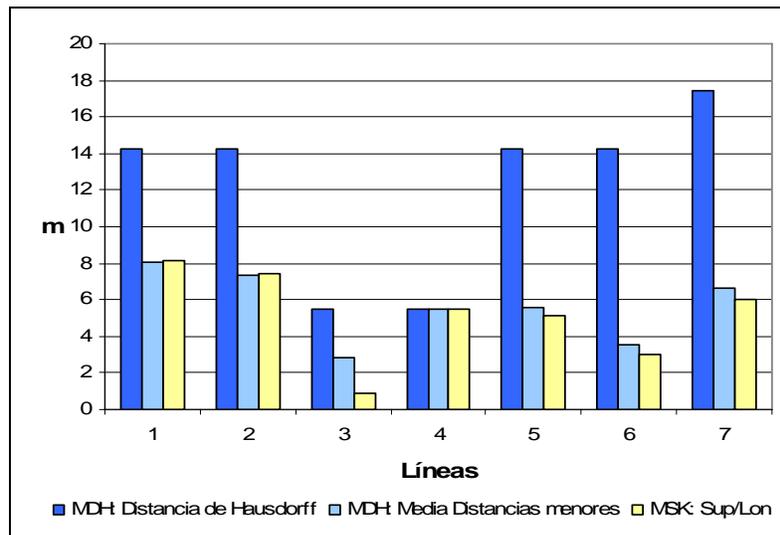


Figura 5. Resultados MDH y MSK.

Mozas Calvache, A. T. y Ariza López, F. J. (2008): "Principales métodos de control posicional por elementos lineales. Comparación mediante su aplicación a líneas sintéticas", *GeoFocus (Artículos)*, n° 8, p. 187-204. ISSN: 1578-5157

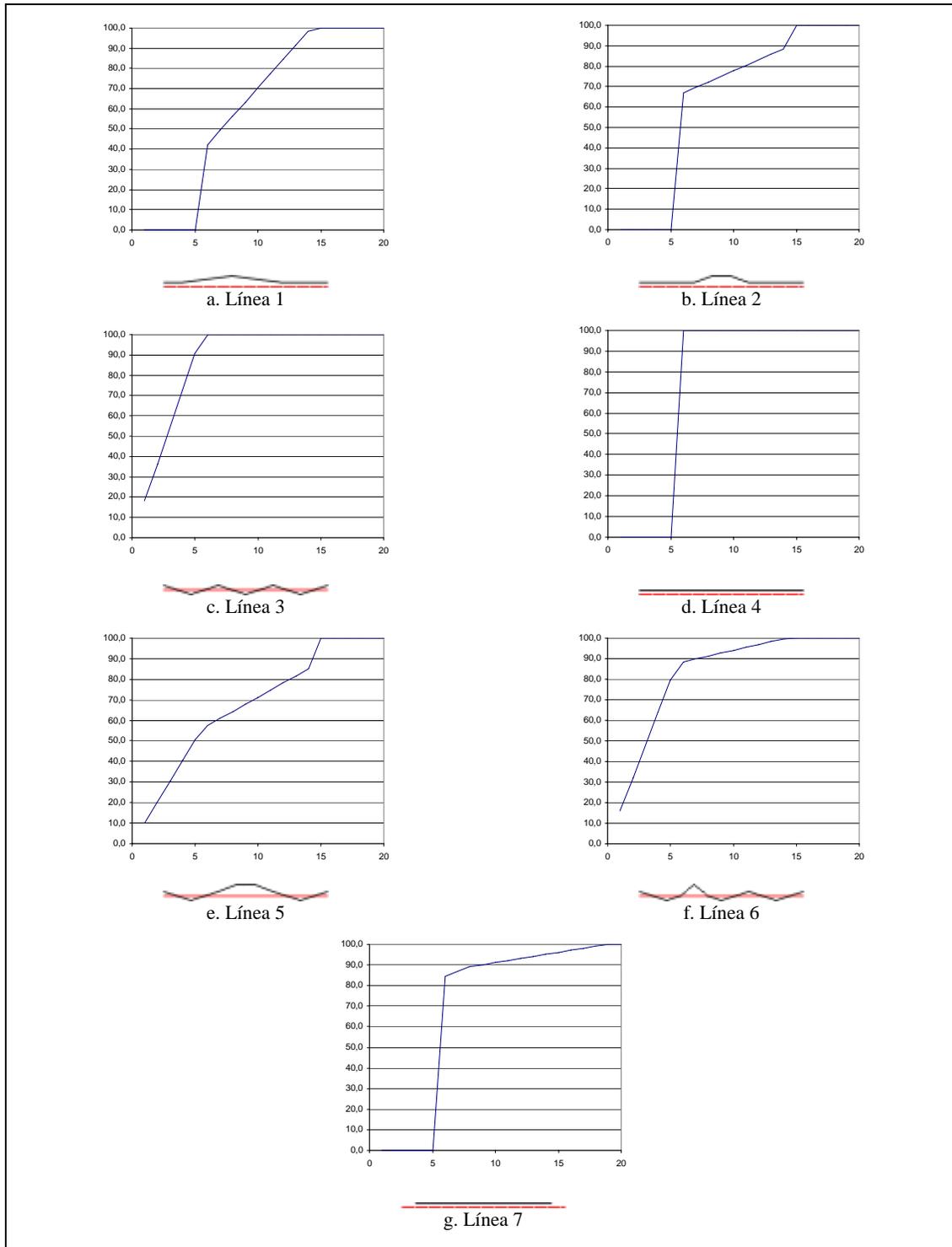


Figura 6. Resultados método MOS.

Mozas Calvache, A. T. y Ariza López, F. J. (2008): "Principales métodos de control posicional por elementos lineales. Comparación mediante su aplicación a líneas sintéticas", *GeoFocus (Artículos)*, n° 8, p. 187-204. ISSN: 1578-5157

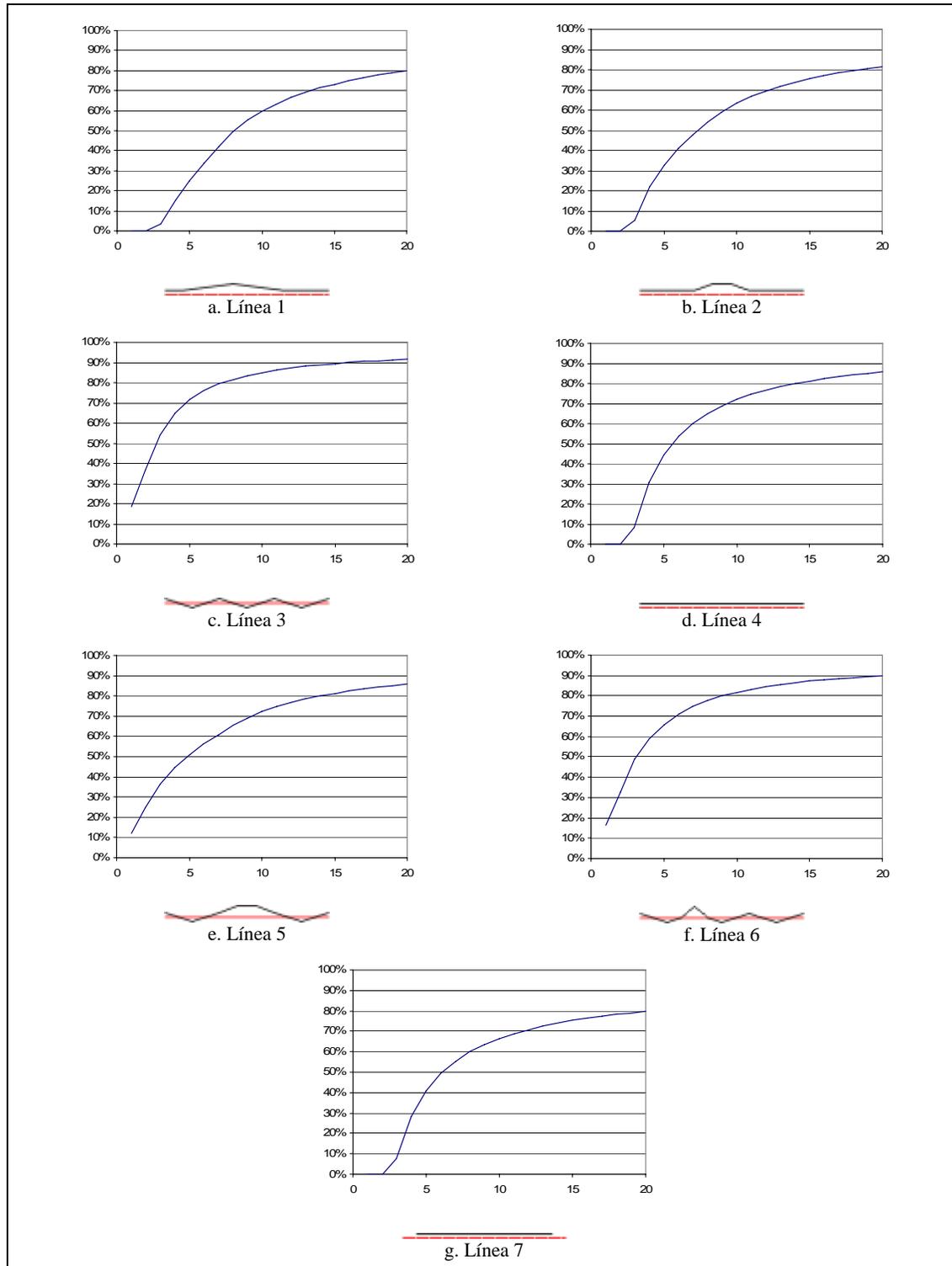


Figura 7. Resultados método MOD (Superficie común).

Mozas Calvache, A. T. y Ariza López, F. J. (2008): "Principales métodos de control posicional por elementos lineales. Comparación mediante su aplicación a líneas sintéticas", *GeoFocus (Artículos)*, n° 8, p. 187-204. ISSN: 1578-5157

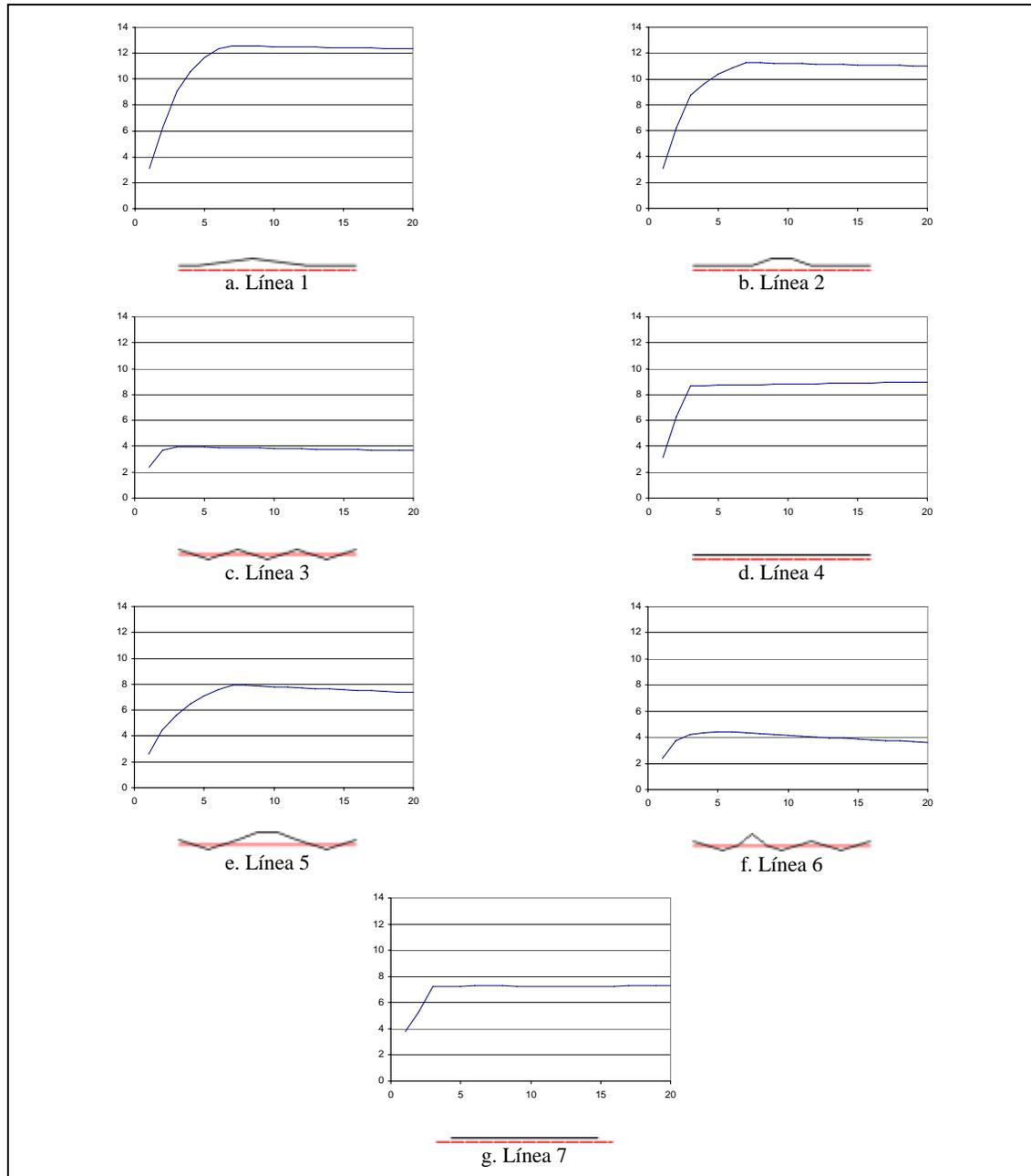


Figura 8. Resultados del método MOD (desplazamiento promedio).

Mozas Calvache, A. T. y Ariza López, F. J. (2008): "Principales métodos de control posicional por elementos lineales. Comparación mediante su aplicación a líneas sintéticas", *GeoFocus (Artículos)*, n° 8, p. 187-204. ISSN: 1578-5157

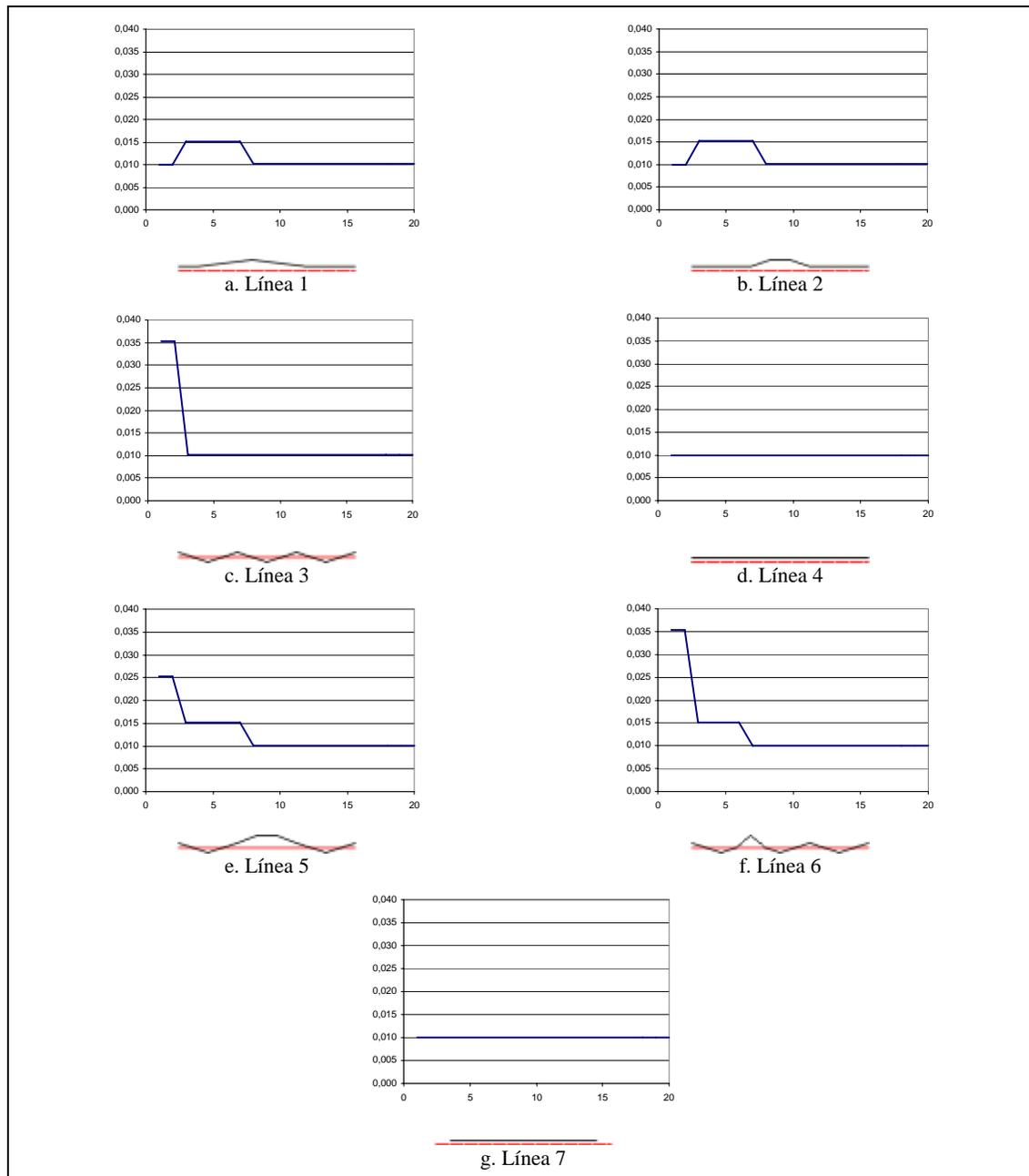


Figura 9. Resultados método MOD (oscilación).