

Repercusión del coeficiente de anamorfosis lineal de la proyección UTM en el cálculo de superficies de fincas

Antonio Miguel Pérez Romero, Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla.
Noviembre de 2012.

Es frecuente que a la hora de calcular la superficie de una finca medida con equipos GPS-GNSS, capaces de trabajar directamente en cualquier sistema de coordenadas, como por ejemplo en UTM ETRS89, la citada superficie se obtenga directamente del dibujo trazado en la proyección correspondiente. Esta práctica se hace extensiva a la información generada por técnicas fotogramétricas y supone un error que, en función de la posición geográfica en la que se desarrolle el trabajo, puede generar diferencias considerables entre la superficie correcta y la calculada.

Esto se debe a que para poder representar partes de la superficie de la Tierra, que como sabemos, es curva, sobre un mapa plano, es necesario asumir una serie de deformaciones. Para lograr pasar de la realidad al mapa, la proyección UTM emplea una deformación CONFORME, caracterizada por mantener iguales los valores angulares de la realidad y su representación, pero que asume una deformación en las distancias, conocida como coeficiente de anamorfosis lineal. Esta anamorfosis se hace más patente cuando nos acercamos a los bordes o al centro de un huso, respecto a las dos líneas automecánicas de esta proyección y resulta especialmente inasumible cuando para conservar una continuidad en el mapa proyectamos dibujos que pertenecen a un huso contiguo (este caso es especialmente problemático en la cartografía de Andalucía en la que la mayor parte se encuentra en el huso 30 mientras que Huelva, algo de Cádiz y Sevilla se encuentran en el 29, pero para mantener la citada continuidad todo se representa en el 30).

Como primer ejemplo ilustrativo se ha seleccionado una parcela del término municipal de Cortegana, en la provincia de Huelva. Partimos de un levantamiento de la linde, realizado con un equipo GPS-GNSS en modo RTK. Los puntos obtenidos están en UTM ETRS89 H29. Para hacer los cálculos lo más rigurosos posible, es necesario contar con la ondulación del geoide en el entorno de la parcela. Para obtener dicho valor, una herramienta interesante es el PAG (Programa de Aplicaciones Geodésicas), elaborado por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) y puesto a nuestra disposición en <http://www.01.ign.es/ign/layoutIn/herramientas.do#PAG>



La calculadora geodésica del PAG permite realizar la transformación de puntos o ficheros entre ED50 y ETRS89, tanto en coordenadas geográficas como en UTM, así como obtener los valores de ondulación del geoide y desviación de la vertical.

Dadas las reducidas* dimensiones de la finca, algo más de 86 ha, es de esperar que los valores de la ondulación del geoide no cambien demasiado, pero como medida de precaución, calcularemos su valor para los cuatro puntos situados en los extremos, como se puede apreciar en la figura 1.

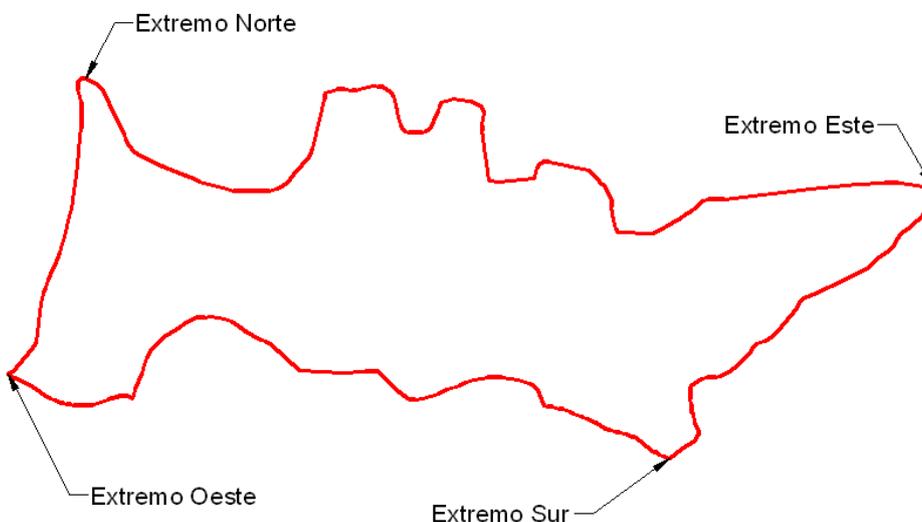


Figura 1. Puntos extremos empleados para calcular la ondulación media

Con el PAG calculamos el valor de la ondulación para cada uno de los puntos de control.

Los valores obtenidos son:

Extremo Norte:	55.155 m
Extremo Sur:	55.136 m
Extremo Este:	55.161 m
Extremo Oeste:	55.135 m

Utilizaremos la media (**55.147 m**) para los futuros cálculos a realizar.

[Como calcular los valores de ondulación desde un fichero con el PAG →](#)



* Comparado con la extensión de un término municipal o una provincia.

Si trazamos la linde de la finca partiendo de los puntos medidos con GPS-GNSS, obtenemos un dibujo representado en UTM H29 ETRS89 (EPSG 25829). Si le calculamos directamente la superficie, obtenemos 86 ha, 14 a y 2.44 ca, pero si le eliminamos la proyección, y volvemos a calcular la superficie el resultado es de 86 ha, 15 a y 27.41 ca, siendo este el valor más aproximado a la realidad. El error que cometemos supone que estamos computando 124.97 m² menos de lo que corresponde. El error es realmente pequeño si lo comparamos con la segunda superficie obtenida, suponiendo menos del 0.02% del total. Esto se debe a que el coeficiente de anamorfosis lineal en la zona es muy próximo a la unidad, ya que la parcela se encuentra cerca de una de las líneas automecómicas del huso.

Comparación de superficies “UTM” en el huso propio y en relativas →



Si, en lugar de trabajar con los puntos en el huso 29, que es el que corresponde a la zona de trabajo, decidimos pasar los puntos al 30, para poder superponer la medición con una cartografía de base que esté en dicho huso y hacemos los correspondientes cálculos de superficies, igual que en el ejemplo anterior, podremos comprobar que las diferencias serán mucho más significativas.

La superficie en la proyección será ahora 86 ha, 31 a y 61.98 ca, mientras que si le anulamos la proyección, obtenemos una superficie de 86 ha, 15 a y 27.62 ca, prácticamente idéntica* a la que obtuvimos en el ejemplo anterior (varia 0.21 m²). La diferencia que existe ahora entre ambas superficies es de 1634.36 m², lo que supone casi un 0,2% del total

Comparación de sup. “UTM” en el huso contiguo y en relativas →



De los resultados obtenidos en las dos situaciones analizadas podemos sacar como conclusión que, siempre que podamos, deberemos trabajar en el huso que le corresponda a la zona de medición ya que las deformaciones producidas por la proyección serán mucho menores. También podemos deducir que, si el valor unitario de la superficie que estamos midiendo no es muy alto, en determinadas circunstancias (el coeficiente de anamorfosis lineal es muy próximo a la unidad por estar cerca de una de las dos líneas automecómicas de la proyección) se podría admitir calcular la superficie directamente de su representación en UTM. De todas formas, lo más recomendable será, SIEMPRE, realizar todos los cálculos de superficies, trazados y acotaciones de proyectos, sobre el dibujo al que le hayamos eliminado la proyección. Si finalmente necesitamos representar todos los trazados efectuados nuevamente georreferenciados, bastará con restituir la proyección.

*Esa pequeña diferencia se debe a que en este segundo ejemplo hemos realizado una transformación más, ya que antes de eliminar la proyección, primero hemos tenido que cambiar los puntos del huso 29 al 30. En todas estas operaciones se pierden decimales generando una mínima desviación, que no es en absoluto significativa, ya que para lograr esa pequeña diferencia tendríamos que desplazar toda la linde en “paralelo” una distancia prácticamente imperceptible, inferior a un milímetro.

En el ejemplo anterior hemos podido comprobar la diferencia que supone trabajar, respecto al cálculo de superficies, directamente sobre la proyección o eliminándola.

El problema se agrava conforme nos alejamos de las líneas automecánicas, de escala exacta (factor de escala= 1), y nos acercamos al meridiano central del huso o a sus bordes exteriores, como se puede apreciar en la figura 2.

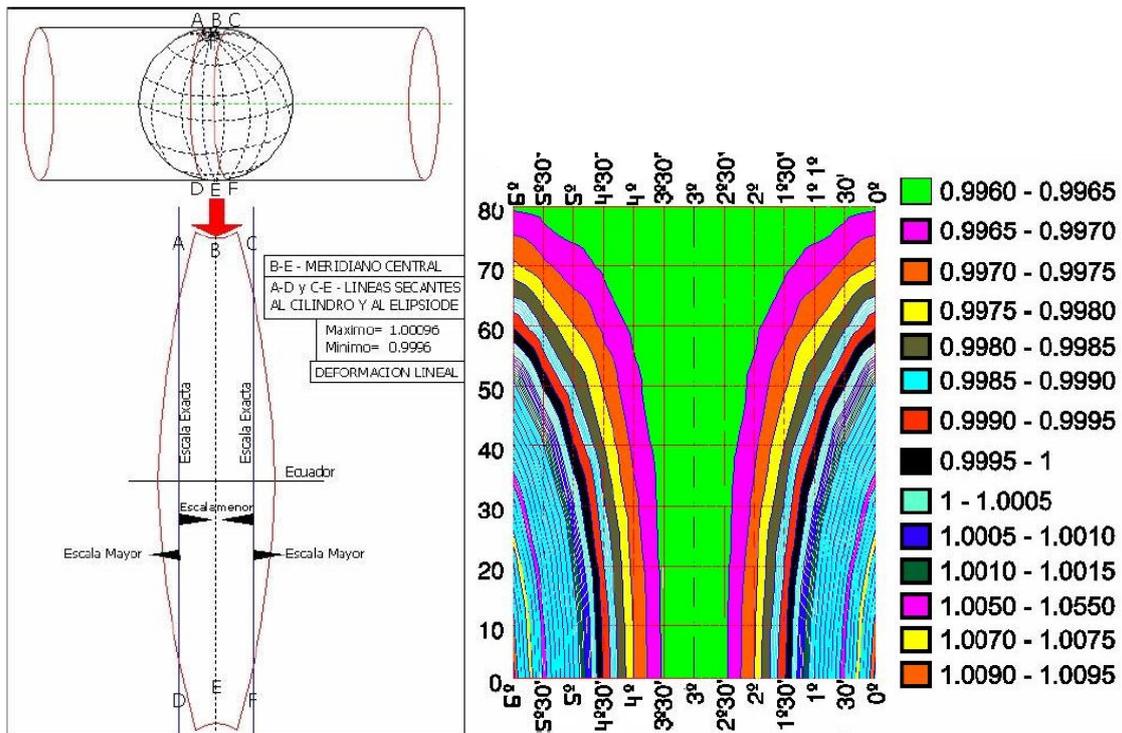


Figura 2. Variaciones del coeficiente de anamorfosis lineal en función de la posición.

Fuente: Fernández-Coppel, I.A. - Universidad de Valladolid.

Para comprobar en cuanto puede repercutir trabajar en una de las zonas extremas, con máxima deformación, vamos a estudiar ahora una parcela correspondiente al término municipal de Dos Hermanas, en la provincia de Sevilla. La citada parcela tiene una parte en el huso 29 y otra en el 30 (ver figura 3). En este caso, para conservar una continuidad en el trazado, nos vemos obligados a proyectar todos sus vértices en un huso, que en nuestro caso concreto será el 30, por ser el que se corresponde con la mayor parte del término municipal y por tanto en el que se encuentra, por defecto, toda la cartografía del mismo. Finalmente, todo se ha calculado en UTM H30 ETRS89 (EPSG 25830).

Para poder eliminar la proyección debemos calcular la ondulación del geode en los puntos extremos de la finca (ver figura 3).

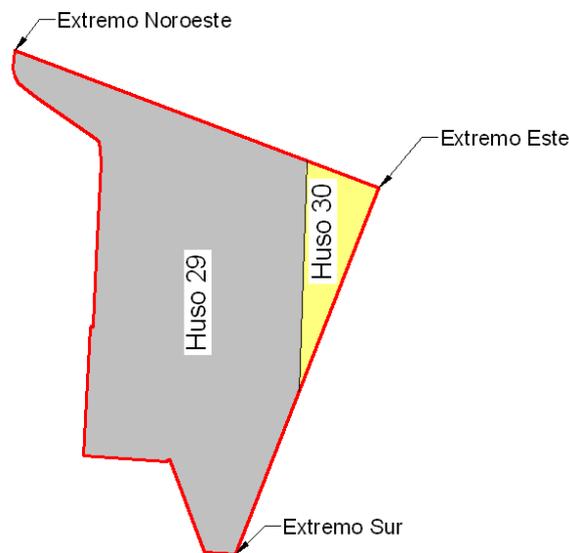


Figura 3. Localización de los puntos extremos y husos.

Los valores obtenidos para la ondulación son:

Extremo Noroeste: 48.203 m

Extremo Este: 48.117 m

Extremo Sur: 48.037 m

Por lo tanto, la ondulación media será de **48.119** m.

Si calculamos la superficie sobre el dibujo en UTM, obtenemos un valor de 111 ha, 23 a y 58.09 ca. Posteriormente le eliminamos la proyección y volvemos a calcular la superficie, obteniendo ahora 111 ha, 13 a y 17.07 ca.

La diferencia entre ambas es de 1041.02 m², es decir, casi un 0,1% del total.

Obtenidos y analizados los resultados de los ejemplos presentados, podemos concluir que calcular la superficie de fincas directamente desde su representación en la proyección UTM supone diferencias con respecto a la superficie "real" de las mismas. También podemos deducir que esas diferencias son variables en función de la localización geográfica y que se hacen especialmente inaceptables cuando estamos muy próximos al meridiano central del huso o a sus bordes. También podemos afirmar que si la representación UTM de la finca se realiza en un huso que no le corresponde (pertenece al 29 pero lo dibujamos en el 30, por ejemplo) el error cometido es todavía mayor.

Siendo conscientes de todo esto, lo más recomendable para calcular la superficie de una finca representada en UTM es eliminarle la proyección. Igualmente, si debemos realizar cálculos de proyectos, hacer particiones, etc., lo más indicado es trabajar en coordenadas relativas y una vez concluidas todas las operaciones, restituir el dibujo a la proyección original.

Bibliografía consultada

AMARO MELLADO, J.L. et Al. Propuesta de una metodología de trabajo para mediciones topográficas y catastrales a partir de la tecnología actual y una herramienta de desarrollo propio en entorno CAD. Catastro: Formación, Investigación y Empresa. Congreso Internacional Sobre Catastro Unificado y Multipropósito (1). Num. 1. Jaén. Publicaciones de la Universidad de Jaén. 2010. Pag. 353-368

FERNÁNDEZ-COPPEL, IGNACIO ALONSO. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM. El Datum. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.

LEÓN BONILLO, MANUEL JOSÉ. Apuntes de Topografía: Tema 4 (Cartografía), lección 11 (Introducción y Proyecciones). UNIVERSIDAD DE SEVILLA.