



MINISTERIO
DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO NACIONAL

Consejo Superior Geográfico

Análisis de la problemática del cambio de datum geodésico a ETRS89

Versión 1.0



Consejo Superior Geográfico

Análisis de la problemática del cambio a ETRS89 en cartografía.

Identificador	20071005
Editor	Grupo de trabajo para la transición a ETRS89
Fecha	
Descripción	Síntesis y recopilación de problemas comunes en los datos cartográficos ante la transición al Datum ETRS89.
Objetivo	Delimitar el alcance de la transformación. Recopilar la problemática en diferentes tipos de cartografía y prever futuros problemas tanto en nueva cartografía a producir como en cartografía aprovechable que se pueda transformar.
Difusión	Consejo Superior Geográfico
Documentos relacionados	Necesidad de un nuevo datum geodésico Análisis de los diferentes sistemas de transformación. Herramientas para facilitar el cambio El Sistema ETRS89 y la nueva cartografía Términos y definiciones de la ISO 19111

Análisis de la problemática del cambio de datum a ETRS89	v 1.0	2007-10-05	2
--	-------	------------	---

Versiones:

Número de versión	Fecha	Editor / modificado por	Comentarios
1	2007-10	Grupo de trabajo para la transición a ETRS89	

Índice

3.1. Cartografía analógica	5
3.1.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.	5
3.1.2. Metodología de transformación.	6
3.1.3. Conclusiones y recomendaciones.....	6
3.2. Cartografía digital	7
3.2.1. Situación actual de la cartografía digital y de las series cartográficas digitales.	7
3.2.1.1. Con respecto a la naturaleza de los datos.	7
3.2.1.2. Con respecto al Datum ED50 y el Datum ETRS89.	7
3.2.1.3. Esquinas de las hojas de las series cartográficas.	7
3.2.1.4. Corte de las hojas y cases de las series cartográficas.	8
3.2.2. Cartografía vectorial.....	8
3.2.2.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.	8
3.2.2.2. Metodología de transformación.	9
3.2.2.3. Control de calidad.	10
3.2.2.4. Conclusiones y recomendaciones para cartografía vectorial.	11
3.2.3. Cartografía ráster.....	13
3.2.3.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.	13
3.2.3.2. Metodología de transformación.	14
3.2.3.3. Control de calidad.	14
3.2.3.4. Conclusiones y recomendaciones para cartografía ráster.	15
3.2.4. Modelos Digitales del Terreno.....	16
3.2.4.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.	16
3.2.4.2. Metodología de transformación.	16
3.2.4.3. Control de calidad.	17
3.2.4.4. Conclusiones y recomendaciones para modelos digitales del terreno.	18
3.3. Cartografía temática.	19
3.3.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.	19
3.3.2. Cartografía temática en soporte analógico.	19
3.3.3. Cartografía temática en soporte digital.	19
3.3.4. Control de calidad.	20
3.3.5. Conclusiones y recomendaciones de la cartografía temática.	20
3.4. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistemas de bases de datos (BD).	20
3.4.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.	20
3.4.2. SIG vectorial.	21
3.4.2.1. Metodología de transformación.	21
3.4.2.2. Control de calidad.	21
3.4.2.3. Conclusiones y recomendaciones en SIG vectorial.	22

Análisis de la problemática del cambio de datum a ETRS89	v 1.0	2007-10-05	4
--	-------	------------	---

- 3.4.3. SIG ráster..... 22
 - 3.4.3.1. Metodología de transformación. 23
 - 3.4.3.2. Control de calidad. 23
 - 3.4.3.3. Conclusiones y recomendaciones en SIG ráster. 23
- 3.4.4. Bases de datos asociadas con referencia a coordenadas. 23
 - 3.4.4.1. Metodología de transformación. 24
 - 3.4.4.2. Control de calidad. 25
 - 3.4.4.3. Conclusiones y recomendaciones en BD. 25
- 3.5. Metadatos ISO..... 26
 - 3.5.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación. 27
 - 3.5.2. Metodología a seguir para metadatos ya existentes.Proceso por lotes..... 27
 - 3.5.3. Utilización de la norma ISO 19.115 para albergar datos sobre la transformación de cambio de datum. 27
 - 3.5.4. Control de calidad. 29
 - 3.5.5. Conclusiones y recomendaciones para metadatos. 29
- 3.6. Visores cartográficos..... 30
 - 3.6.1. Visores cartográficos en Internet..... 30
 - 3.6.1.1. Recomendaciones para visores cartográficos en Internet. 31
 - 3.6.2. Visores locales: cartotecas, visores freeware. 31
 - 3.6.2.1. Recomendaciones para visores locales: cartotecas. 31
- 3.7. Otras consideraciones para el periodo de adaptación al sistema ETRS89..... 31
 - 3.7.1. Creación de recomendaciones..... 32
 - 3.7.2. Actualización de recomendaciones. 32

Análisis de la problemática del cambio a ETRS89 en cartografía.

En este apartado se trata de mostrar los problemas con los que se van a encontrar los productores y usuarios de cartografía a la hora de realizar el cambio al nuevo sistema de referencia geodésico (GRS) ETRS89. Se contemplan todas las posibles variantes cartográficas existentes mostrándose los criterios de análisis y alcance de la transformación, la metodología de transformación, los posibles controles de calidad a efectuar y finalmente se dan una serie de conclusiones y recomendaciones de cómo llevar a cabo el proceso de transformación en el tiempo. Asimismo, se enfatiza el empleo de un único método de transformación para facilitar la interoperabilidad de los datos geográficos y su empleo integrado en Sistemas de Información Geográfica e Infraestructuras de Datos Espaciales.

3.1. Cartografía analógica

3.1.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.

La información cartográfica en soporte analógico, ya sea éste papel cartográfico, papel convencional o poliéster, puede haber sido plasmada o dibujada en ese soporte de diversas formas:

a) Mediante el trazado analógico previo a los sistemas digitales y analíticos (delineación cartográfica y restitución analógica).

b) Mediante el trazado analógico de archivos digitales a través de periféricos (impresoras, trazadores o *plotters*).

En el primer caso la fuente original de información se encuentra en soporte analógico, mientras que en el segundo lo está en digital. A su vez, la reproducción del original se puede haber realizado mediante diversos sistemas de impresión como pueden ser la realización de planchas de impresión (*offset*), el empleo de copiadoras analógicas, o bien de los sistemas periféricos de gran formato.

En la cartografía analógica el GRS se plasma explícitamente, por lo general mediante la rotulación de información marginal fuera del área del marco cartográfico de representación. Esta información rotulada como información marginal suele consistir en las coordenadas de una cuadrícula de coordenadas, geográficas o cartográficas, en saltos de cifras de números enteros. Estas cifras al margen siempre deben de acompañarse con la descripción literal del GRS y del sistema de coordenadas de representación empleados para la formación del mapa, aunque la realidad en la España de finales del siglo XX es que esta información final solía suprimirse, pues se sobreentendía que datum geodésico se empleaba (ED50) ya que era el único que tenía definido un marco físico a nivel nacional (RE50).

Ya en el siglo XXI se puede afirmar que la tecnología analógica de formación de mapas está superada. No obstante, la reproducción analógica del original digital sigue siendo imprescindible en sus más diversas formas (tiradas de imprenta de series cartográficas, reproducción mediante trazadores a la demanda o ediciones en atlas y libros). Sin embargo, existen importantes archivos de información cuyo soporte sigue siendo el papel, algunos de los cuales aún no están digitalizados ni en formato ráster ni en vectorial.

La transformación del GRS en cartografía analógica implica la modificación o inclusión de la información marginal del mapa, esto es, de las cifras rotuladas y de los textos que describen el sistema de coordenadas empleado. Así planteado la transformación podría consistir en una nueva rotulación de información que supondría una modificación del original.

Sin embargo, en aquellos casos en que el documento analógico constituya un original, no se deberá modificar. Minutas de restitución, planchas de impresión y ejemplares analógicos editados de las series cartográficas realizadas con anterioridad a la implantación de los sistemas analíticos constituyen, aun cuando posteriormente hayan sido digitalizados, un archivo documental que deberá de estar especialmente protegido, catalogado y archivado.

3.1.2. Metodología de transformación.

La transformación de la información en soporte analógico no es inmediata ni automática ya que requiere de un importante esfuerzo muy laborioso y una considerable inversión, por lo tanto, únicamente debería abordarse en caso de ser una información muy demandada y de que no se disponga de medios para producirla de nuevo en un plazo razonable. Esta transformación se puede hacer:

- a) Digitalizando el original a formato vectorial o formato ráster. En cualquier caso las modificaciones tendrán que rotularse mediante el software de diseño gráfico adecuado para que aparezca la correspondiente rotulación en las reproducciones impresas en papel.
- b) Reproduciendo analógicamente el original y rotulando sobre éste las modificaciones o nuevas informaciones.

En lo que respecta a la obtención de las nuevas coordenadas se remite al apartado “3.2.2.2. Metodología de transformación” de la cartografía vectorial ya que la transformación de las coordenadas rotuladas se tendría que hacer analíticamente.

3.1.3. Conclusiones y recomendaciones.

A corto plazo:

- Realizar un inventario de la información existente en formato analógico, con el fin de seleccionar qué cartografía se ha de transformar en base al uso que se va a efectuar de la información. La decisión depende de cada organismo, si bien la información más crítica será aquella que se corresponde con la de más demanda.
- No modificar en ningún caso los originales en soporte analógico por el valor implícito que conllevan como archivo histórico.
- Una vez que se haya decidido en cada información qué originales han de ser transformados, optar por:
 - a) Digitalizar el original e incorporar en el fichero cuanta información sea necesaria referente al nuevo sistema.
 - b) Reproducir el original y delinear sobre la copia en formato analógico la nueva cuadrícula y rotulación.
- Si la información original se encuentra en soporte digital, se propone realizar una copia del archivo y crear un segundo original en el que se incorpore la nueva información y esté listo para su reproducción.

A medio plazo:

- En las series cartográficas que aún no hayan sido concluidas se recomienda incluir una doble cuadrícula con unos criterios de diseño cartográfico que aseguren la lectura correcta de la misma.

3.2. Cartografía digital

3.2.1. Situación actual de la cartografía digital y de las series cartográficas digitales.

3.2.1.1. Con respecto a la naturaleza de los datos.

Desde el punto de vista de la naturaleza y formato de los datos digitales, en primer lugar nos encontramos con que esta naturaleza es muy diversa. Asimismo, la escala, finalidad de la información geográfica, el grado de actualización y la calidad de las distintas cartográficas son heterogéneos, y son factores a considerar.

Por ello, la evaluación del impacto y problemática de la transición a ETRS89 incluye aspectos relacionados con el análisis individualizado, a la par que sintetizado, del tipo de datos a armonizar y producir en el nuevo Datum, de los procesos y métodos a emplear, de cómo gestionar la información, y de las necesidades actuales y futuras del proceso de transición. Todo ello se aborda desde el punto de vista técnico, considerando cuestiones tanto puntuales relacionadas con los elementos cartográficos representados gráficamente, como globales.

3.2.1.2. Con respecto al Datum ED50 y el Datum ETRS89.

En lo referente al Datum ED50, tanto productores como usuarios se están enfrentando actualmente al problema de los altos residuales en los cambios entre ED50 y ETRS89, sobre todo en determinadas zonas. El marco físico RE50 en el que se han estado apoyando todos los trabajos de producción cartográfica hasta ahora, resulta heterogéneo en precisión, por la distorsión de la red geodésica.

Este aspecto influye tanto en la calidad de los datos de partida, como en las transformaciones aplicables sobre la información geográfica aprovechable y que se opte por transformar de Datum. Aunque la producción de nueva cartografía en ETRS89 supone unos gastos excesivos, no es necesario transformar toda la información que no se pueda producir, sino los datos cartográficos de alta disponibilidad y demanda, aplicando sobre ellos técnicas aprobadas y adoptadas como estándar capaces de modelar la distorsión de partida en ED50. Estas técnicas serán aplicables para las escalas medias y grandes, pues en la cartografía a pequeña escala la precisión que nos proporcionan otros métodos clásicos de transformación (transformaciones de siete parámetros o cinco parámetros), es suficiente.

3.2.1.3. Esquinas de las hojas de las series cartográficas.

Este aspecto afecta a las series cartográficas en cuanto a que las nuevas series a producir dispondrán de una nueva definición de las esquinas de las hojas en ETRS89. En la fecha de redacción de este documento, existen ya propuestas y listados donde aparecen definidas estas esquinas en coordenadas geodésicas en el nuevo sistema, por parte de la Comisión de Normas y la Comisión para el cambio de Datum ETRS89. La subdivisión y numeración viene detallada en los documentos: "Cortes de hoja" y "El sistema ETRS89 y la nueva Cartografía" de Marzo de 2007.

3.2.1.4. Corte de las hojas y cases de las series cartográficas.

Adicionalmente, deben seguirse las directrices para adoptar un criterio homogéneo en la definición del corte de las hojas en ETRS89, evitando así las deficiencias y discrepancias que han existido en los cases de marcos de algunas de las series existentes en ED50.

3.2.2. Cartografía vectorial.

3.2.2.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.

Existe una fuerte interrelación entre la problemática de la transición de Datum en cartografía, los recursos y las herramientas disponibles que soporten las transformaciones estándar, los formatos de la información geográfica, y la calidad de los datos de partida en cuanto a la precisión con respecto al sistema geodésico de referencia.

Adicionalmente, el grado de actualización de las series cartográficas y su frecuencia de producción por parte de los organismos productores oficiales van a determinar también una implantación ralentizada.

a) Escala y límite de aplicación.

En lo referente al gran abanico de información geográfica vectorial existente se dispone de escalas desde 1:500 hasta 1:2000000. Toda esta información a su vez es empleada en diferentes contextos y para múltiples usos, habiendo sido producida por organismos muy diversos y con criterios heterogéneos.

Se impone como requerimiento que la armonización de las series cartográficas se pueda llevar a cabo teniendo en cuenta una serie de recomendaciones y requisitos mínimos. Armonizar todas las series cartográficas existentes resulta una tarea enormemente difícil. Adicionalmente hay que tener en cuenta que las cartografías a gran escala, 1:500 o 1:1000, en muchas ocasiones son producidas por organismos como ayuntamientos o mancomunidades, complicándose el poder garantizar la armonización de la información geográfica en el Datum ETRS89.

En el caso de optar por la transformación de la cartografía o una parte de ella, se debe tratar el problema del modelado de distorsión en el Datum de origen ED50 con la aplicación de la rejilla estándar *NTv2 (National Transformation Version 2)* facilitada por el Instituto Geográfico Nacional. Por otro lado, si la información cartográfica original adolece de una falta de precisión que no es achacable a la distorsión de la red, es posible que los datos no sean aprovechables. Este caso se produce por el hecho de utilizar redes topográficas locales para apoyar los trabajos cartográficos que discrepan del marco de las redes con las que se ha generado la rejilla estándar.

La utilización de un único método de transformación es necesaria para facilitar la interoperabilidad de los datos geográficos, la combinación eficaz de información geográfica de diferente origen y su empleo integrado en Sistemas de Información Geográfica e Infraestructuras de Datos Espaciales.

b) Formatos vectoriales.

Con respecto a los diferentes formatos existentes de cartografía vectorial, el grado de dificultad a la hora de armonizar/transformar los datos estará en función de las aplicaciones informáticas disponibles para cada formato. Es necesario comentar que se precisa conocer si nuestro editor cartográfico o nuestro formato gráfico almacenan las coordenadas en doble o simple precisión, pues las coordenadas

UTM almacenadas en simple precisión redondean las cifras a nivel de unidades de decímetro siendo éstas significativas en escala grandes. En estos casos, es habitual tener la cartografía desplazada respecto a la realidad para eliminar las unidades referentes a millones o unidades de centenas de millar para almacenar las unidades de al menos unos centímetros, siendo habitual el desplazamiento de 4 millones en Y. Es recomendable trabajar con un programa de doble precisión pues ninguna solución será óptima con la simple precisión.

3.2.2.2. Metodología de transformación.

a) Proceso de transformación.

La metodología de transformación pasa por aplicar la reproyección adoptada como estándar basada en la aplicación de la rejilla *NTv2* cuyo almacenamiento digital es el formato binario de extensión *gsb*.

Puede ser que el programa de edición cartográfica empleado no sea capaz de aplicar directamente y correctamente una rejilla estándar de transformación o no se conozca la manera de aplicarla. Los problemas más frecuentes que pueden aparecer en los programas informáticos de edición y producción digital vectorial son:

- Que aún disponiendo de herramientas de transformación, el programa no incluya el nuevo Datum geodésico o el ED50 bien definidos por sus código *EPSG* (21) correspondientes al huso y proyección del mapa o capa actual o por cualquier otra nomenclatura donde pueda comprobarse la definición del mismo, como es por ejemplo el caso del programa *ARCGIS* que emplea una nomenclatura propia.
- Que disponiendo de la definición de los Datum de origen y de llegada, la transformación disponible entre ambos no sea la recomendada en este documento. En este caso se debe de introducir esta transformación bien porque el programa disponga de herramientas para ello, o mediante el empleo de sistemas definidos por el usuario donde en algunos programas es posible indicar un fichero de rejilla en formato *NTv2*.
- Finalmente, puede ser que el programa no soporte el cambio con la rejilla *NTv2*, en cuyo caso habrá que recurrir a programaciones/macros que transformen nuestros datos.

En el punto nº4 se hace un análisis de las herramientas disponibles y se proponen las necesidades que debería tener un programa para abarcar el cambio proponiendo su libre distribución

b) Actualización de información cartográfica.

La convivencia de la información cartográfica en ambos Datum durante el tiempo de transición, plantea la necesidad de adoptar una decisión con respecto a la manera en que se debe mantener la información actualizada. Brevemente se comentan dos posibles alternativas:

- Actualizar los elementos en ED50 y reproyectar estos elementos actualizados a ETRS89.
- Actualizar únicamente sobre la cartografía en ETRS89, lo que nos proporcionaría mayor consistencia y precisión en los elementos y primitivas modificadas que la opción anterior, y opcionalmente reproyectar esta información a ED50, si se desea mantener la información en el antiguo Datum actualizada.

c) Gestión de lotes de hojas y grandes volúmenes para la transformación.

Análisis de la problemática del cambio de datum a ETRS89	v 1.0	2007-10-05	10
--	-------	------------	----

El tratamiento de lotes de hojas de información vectorial para la transformación es un proceso que se debe automatizar. Esta transformación masiva plantea el problema de la duplicación del volumen de información almacenado, al producirse la situación de tener que disponer de series cartográficas vectoriales producidas o reproyectados a ETRS89 y además, mantener los datos en ED50 durante un período de transición. Es útil realizar una previsión del espacio necesario para alojar toda la información durante este periodo y establecer mecanismos para su gestión eficaz.

Además es recomendable documentar el proceso de transformación de una determinada serie cartográfica, a través de plantillas estándar y el empleo de metadatos (ver apartado 3.5) de cada uno de los formatos y ficheros que componen la serie (pe. fichero de restitución, fichero 2D o fichero de cultivos).

3.2.2.3. Control de calidad.

El problema es garantizar que el software empleado ha aplicado correctamente la rejilla, por tanto a efectos técnicos hay que tener en cuenta una serie de criterios de calidad en cartografía transformada/producida en ETRS89. Al transformar de forma automática las distintas series, se deben satisfacer sus requerimientos en cuanto a que la pérdida de exactitud e información sea mínima y el mantenimiento de los requisitos de consistencia lógica sea máximo.

Consecuentemente la transformación de Datum, aunque sencilla de aplicar, a nivel técnico debe tener en cuenta algunas limitaciones que presentan las herramientas aplicadas para una reproyección a ETRS89.

a) Exactitud posicional

La forma más simple y fiable de realizar este control consiste en contrastar las medidas proporcionadas de una serie de puntos por muestreo, con los correspondientes valores obtenidos por observación directa en el terreno o extraídos de bases de datos de puntos de control ETRS89, pero en cualquier caso, de una fuente de datos que garantice su exactitud. Se cumple con los requisitos geométricos cuando los valores de los parámetros de precisión calculados a partir de estas discrepancias no sobrepasen un límite fijado según la escala de la información.

En zonas donde la rejilla de transformación no responda bien, a escalas de detalle o urbanas, ante la distorsión de la zona en el Datum de origen ED50, se puede optimizar la transformación a partir de mayor densidad de datos conocidos en ambos Datum. Las coordenadas que intervengan en el cálculo de la rejilla mejorada deben proceder de una fuente que garantice su exactitud.

Si se incluyen datos de alguna densificación autonómica, previamente se deben acordar ciertos temas como su procedencia (red local, autonómica, a que red están constreñidas), filtrado y control de errores de los nuevos datos a introducir, y la responsabilidad sobre la fiabilidad de la transformación en la zona donde se densifique la rejilla. De esta manera, se evita la introducción indiscriminada de datos en el cálculo de la rejilla de transformación, y se garantiza que la optimización produce una mejora en el resultado asegurando la unicidad de la reproyección realizada.

b) Consistencia lógica

Otra de las componentes de calidad cartográfica a tener en cuenta, es el mantenimiento de la consistencia lógica en información vectorial transformada. A veces la pérdida de consistencia puede no ser un efecto de la transformación en sí, sino de la herramienta utilizada. Esta componente estará asegurada a través del control de los siguientes aspectos:

- Continuidad entre bloques/hojas transformadas: en el caso de disponer de información dividida en bloques/hojas, se deberá garantizar la conexión geométrica entre una hoja y las limítrofes transformadas o producidas en el nuevo Datum. Se debe tener en cuenta que la

definición de las esquinas en ETRS89 de la nueva cartografía producida no coincidirá por completo con las de las series cartográficas existentes en ED50 reproyectadas a ETRS89. En caso de estar trabajando combinando cartografía reproyectada y cartografía producida en ETRS89 adaptada al nuevo corte, puede aparecer una falta de continuidad entre las hojas. De producirse esta situación con frecuencia, se podrían fusionar las hojas reproyectadas desde ED50 contenidas en una hoja 1:50000 y volver a realizar el corte basándose en la nueva definición de esquinas propuesta por la Comisión de Normas Cartográficas.

- Continuidad entre objetos transformados: Se debe garantizar la conexión entre todos los objetos que poseían esta característica en la cartografía inicial ED50. Puede aparecer una falta de continuidad por una mala reproyección del software, no como efecto de la transformación.
- Cierre de recintos: Control para garantizar el cierre de las líneas que componen las formas poligonales. Si un elemento está cortado por el marco de una hoja o bloque, deberá quedar cerrado o guardar continuidad con una línea coincidente con él.
- Consistencia topológica: Las limitaciones de las herramientas de transformación de ED50 a ETRS89 pueden producir una posible descomposición o cambio de algunos tipos gráficos en primitivas gráficas diferentes a las permitidas en el modelo de aplicación de la serie. A modo de ejemplo, podría darse el caso de pérdida de la primitiva gráfica correspondiente a una multilínea al convertirse ésta en la transformación en una cadena compleja.

c) Compleción.

Se debe comprobar que no se pierde información al realizar la transformación. Para ello la herramienta de reproyección tiene que garantizar que no se omitan los objetos y elementos representados en la serie inicial.

3.2.2.4. Conclusiones y recomendaciones para cartografía vectorial.

Ante el empleo de cartografía digital en distintos Datum es importante definir el sistema geodésico y cartográfico de nuestros datos y que estos parámetros permanezcan con nuestra información geográfica. En lo referente a los Modelos de Aplicación de cartografía vectorial, según lo descrito por la norma ISO19111, es recomendable tomar el código del *European Petroleum Survey Group (EPSG)* como indicador del atributo identificador del sistema de referencia como indica el *Open Geospatial Consortium (OGC)* y el Núcleo Español de Metadatos (NEM) en la clase *CS_CRS (Coordinate Reference System)*. La definición de los metadatos de esta información también ayudará a la definición espacial de los datos.

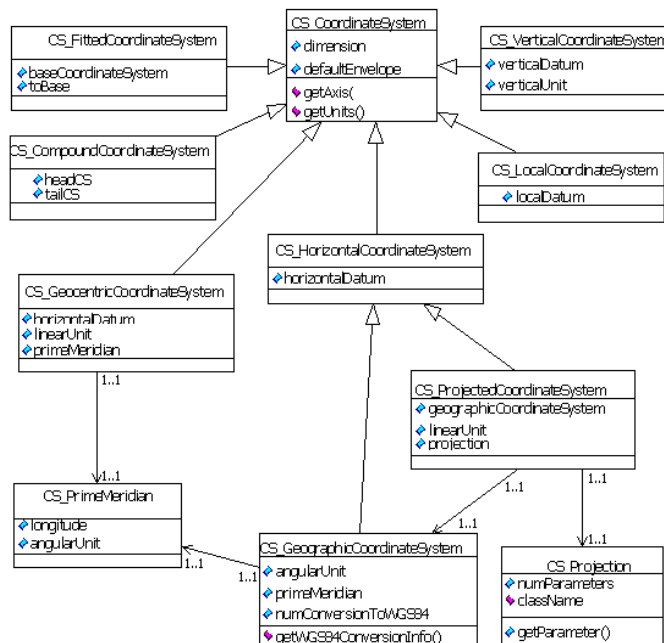


Fig.1.Utilización de una estructura compleja. El orden y asociación de las clases y superclases debe ser lógico, no siendo así en el ejemplo (24).

En series cartográficas ya existentes susceptibles de ser transformadas se debe generar o reimprimir la nueva cuadrícula y automatizar la captura y rotulación de las coordenadas que la delimitan. Un aspecto a cuidar es que una reproyección de la capa o nivel que contiene las cuadrículas originales en ED50 no basta. En las cuadrículas, las coordenadas X,Y UTM ED50 son enteras, mientras que en cuadrículas reproyectadas, las coordenadas ya no conservan esta propiedad. Por tanto, la nueva cuadrícula se debe generar de nuevo a partir de valores enteros ETRS89.

Sintetizando, es recomendable una planificación eficiente para el proceso de transición, proponiendo:

A corto plazo:

- Inventario de la información existente en formato vectorial, con el fin de seleccionar la cartografía que realmente ha de ser transformada. La decisión sobre que datos se van a ver afectados, depende de cada organismo, si bien la información más crítica es aquella que corresponde a la de más demanda y a escalas de detalle y urbanas.
- Las actuaciones orientadas al proceso de transición deben ser eficaces. Es muy difícil predecir la duración y los costes del periodo de cambio de Datum, aunque sí existen unos factores determinantes:
 - Los costes y el tiempo de adaptación e implantación dependen fuertemente de los recursos y herramientas disponibles. Por ello es necesario evaluar las necesidades en hardware y software..
 - La difusión y publicación de instrucciones claras y precisas sobre la aplicación del estándar de rejilla *NTv2* adoptado, así como la creación de software gratuito, favorecerá las carencias y limitaciones de medios humanos, la rapidez exigida y disminuirá los costes de formación.

- Redefinición de clases para georreferenciación espacial por coordenadas en los modelos de aplicación para la correcta identificación del Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS).

A medio plazo:

- Estudio sobre las posibilidades prácticas en cuanto al tratamiento organizado de los datos y la automatización de la generación de nuevas maquetaciones, rotulaciones y cuadrículas con información sobre el nuevo Datum y sistema de coordenadas.
- Documentar los procesos de transición de las distintas series cartográficas.

A largo plazo:

- Adopción de estrategias eficaces para la convivencia de datos durante el tiempo de transición a través de una gestión por metadatos.
- Auditar la cantidad y calidad de la información transformada/producida en ETRS89 a través de controles que promuevan el cumplimiento de los criterios de calidad.

Hay que destacar que la no consideración de las cuestiones que se plantean en este documento puede llevar a una lenta implantación, a la larga, mucho más costosa, puesto que la falta de información y datos homogeneizados dificulta la toma de decisiones y la resolución de las necesidades de los destinatarios de la cartografía, que deben ser capaces de manejar la información de una manera transparente.

3.2.3. Cartografía ráster.

3.2.3.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.

El tipo de dato ráster con el que se cuenta actualmente incluye ortofotos, mosaicos, imágenes aéreas e imágenes satélite. Es necesario delimitar qué información ráster es susceptible de ser transformada, aspecto que se verá influenciado por el grado de actualización de la información existente, su demanda, así como por la calidad de la serie de partida. En cuanto al grado de actualización y a su calidad se puede afirmar que los recientes proyectos a nivel nacional como han sido el *SIGPAC*¹ o el *PNOA*² han conducido a disponer de una gran cantidad de datos ráster recientes en el territorio nacional, que en el caso del *PNOA*, ya se encuentran en el Datum ETRS89.

a) Escala y límite de aplicación.

Como en el caso de cartografía vectorial, la precisión de una transformación, en caso de ser necesaria, queda asegurada aplicando rejillas *NTv2*. En zonas donde se presente una fuerte distorsión en ED50, a escalas de detalle o urbanas, se puede aplicar una reproyección mediante una rejilla optimizada obtenida a partir de mayor densidad de datos conocidos en los Datum ED50 y ETRS89.

b) Tipos de georreferenciación: ficheros de referencia posicional y Cabeceras.

En general, todos los tipos de ficheros de georreferenciación o cabeceras utilizados en información ráster, (fichero de referenciación o “World files” como el *tfw* o cabeceras de ficheros de teledetección como el **.ers*), contienen códigos modificables para integrar en ellas las etiquetas necesarias referentes a las nuevas coordenadas del píxel origen y/o al Datum ETRS89. Entre ellos, los *GeoTiff*, cuentan con las etiquetas: *CRS*, *EPSG Code*, *GeoTIFF Code* u *OGC WKT Name* que necesariamente deberán incluir la información referente al Datum ETRS89, aunque el acceso a la cabecera interna de un

¹ Sistema de Información Geográfico de Parcelas Agrícolas, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

² Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento.

fichero Geotiff no es tan sencillo como la edición ASCII de un fichero de referencia espacial o “World file”.

3.2.3.2. Metodología de transformación.

a) Tipos de transformaciones y traslaciones.

a.1) Transformación píxel a píxel aplicando rejillas *NTv2* con modelado de distorsión. En este caso, se puede producir una pérdida de la resolución original de la imagen al cambiar de posición cada píxel y la transformación puede resultar lenta para un lote de ortofotos. No obstante, es el método a aplicar si existe una gran distorsión en el Datum origen ED50 en la zona.

a.2) Traslación media calculada desde las cuatro esquinas y modificación de la cabecera asociada al fichero. Este método es más recomendado puesto que mantiene la resolución de la ortofoto, es sencillo de automatizar y rápido en su ejecución, pero sólo es válido si el error cometido en la transformación en las esquinas de la hoja es menor que la resolución determinada por el tamaño del píxel.

b) Gestión de lotes de hojas y grandes volúmenes para la transformación.

La tarea de modificación de etiquetas de las cabeceras referentes al GRS se debe automatizar para grandes lotes de información ráster. Por tanto, es necesario herramientas, macros, o archivos de procesos por lotes que efectúen la operación.

Por otro lado, existe el problema de la duplicación del volumen de información, al convivir datos ráster producidos o re proyectados a ETRS89 y mantener los datos en ED50 durante el período de transición. La manera de subsanar este problema, consiste en realizar una previsión del espacio en servidores necesario para albergar cartografía ráster en ambos Datum durante esta etapa, así como la elaboración de herramientas de búsqueda de información para gestionar de manera más eficaz los datos.

Una solución para el almacenamiento de la información podría consistir en tener 2 cabeceras o georreferencias correspondientes cada una al Datum ED50 y al Datum ETRS89 y una sola imagen. De esta manera, bastaría con una sencilla aplicación que gestionara la asociación de la cabecera correspondiente (ED50 o ETRS89) cada vez que queramos acceder a la imagen. Pero esto no es posible en todos los casos, pues algunas cabeceras van dentro del propio fichero como es el caso del fichero GeoTiff y no formando un fichero aparte como los “World files” (esto es posible en los programas en los que se puede configurar la cabecera externa *tfw* como predominante sobre la interna del geotiff, también se puede poner la cabecera interna en un datum y la externa en otro. En este caso, hay programas que podrían producir error en la carga de los datos).

3.2.3.3. Control de calidad.

Respecto a los componentes de calidad en datos ráster transformados a ETRS89 se debería tener en cuenta las siguientes cuestiones:

a) Exactitud posicional

Resulta conveniente comprobar si la herramienta de transformación utilizada ha aplicado una reproyección correctamente, a través de la técnica de transformación adoptada como estándar, o si los nuevos lotes producidos en ETRS89 cumplen con la precisión exigida de una cartografía a escala equivalente, de acuerdo a las tolerancias establecidas. La evaluación de la exactitud posicional en una ortofoto o mosaico de ortofotos, producidas o reproyectadas a ETRS89 se hará con puntos de control perfectamente identificables, conocidos en ETRS89 procedentes de una fuente que garantice mayor exactitud.

b) Pérdida de resolución en imágenes reproyectadas a ETRS89.

La pérdida de resolución de la imagen y degradación de píxel resulta inapreciable. No obstante, en una reproyección píxel a píxel, un método directo podría presentar el inconveniente de no permitir la atribución de un valor de gris a algunos píxeles de la trama de llegada. Ello se evita recurriendo a una interpolación, para la cual se interpolen los valores de gris necesarios para cada píxel de la imagen ráster final.

c) Consistencia: Continuidad entre imágenes reproyectadas a ETRS89.

No se debería ver afectada la continuidad entre imágenes ráster por la aparición de huecos, cuñas o espacios en los márgenes de la imagen ráster transformada.

El solape o rebase en número mínimo de píxeles que se recomienda en cualquier especificación técnica genérica evitaría este problema. Se debe controlar el correcto alineado de los píxeles en el caso de realizar mosaicados entre ortofotos u hojas cartográficas reproyectadas.

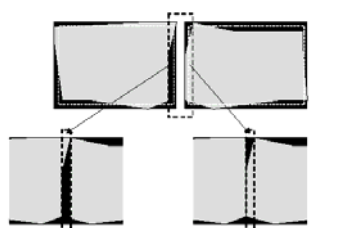


Fig 2. Zona de solape entre imágenes ráster.

3.2.3.4. Conclusiones y recomendaciones para cartografía ráster.

A corto plazo:

- Para una transición más eficaz, se debe realizar un inventario previo de los distintos formatos de información ráster existente en el organismo o empresa, con consideración de las distintas cabeceras de georreferenciación, y prestando atención a la calidad de los datos de partida.
- Como en el caso anterior, existe una relación bastante directa entre el tiempo y costes de la transición y los recursos disponibles. Por ello es fundamental, la difusión de la técnica y de los algoritmos de transformación a utilizar, del estándar *NTv2*, así como de las herramientas de las que se dispone evaluando las necesidades en hardware y software.
- Conocer las posibles consecuencias e impacto de la transformación sobre la calidad de las imágenes, a través de pruebas piloto efectuadas por el propio productor/usuario sobre la información ráster.

A medio plazo:

- Estudio sobre las posibilidades prácticas en cuanto al tratamiento organizado de ficheros para la transformación, de acuerdo con los distintos métodos de almacenamiento, volumen,

formatos y cabeceras. Automatizar la generación de nuevas maquetaciones a imprimir con información sobre el nuevo Datum y sistema de coordenadas.

- Selección de información ráster aprovechable a transformar, (la más demandada o la más actualizada), que no se planee producir de nuevo en ETRS89.

A largo plazo:

- Establecer los procedimientos para gestionar la duplicidad y búsqueda de información en ambos Datum ED50 –ETRS89 durante el tiempo de transición, en función de unos metadatos que definan si una serie cartográfica se encuentra en un solo Datum o no.
- Realizar controles sobre la información producida/transformada a ETRS89.

3.2.4. Modelos Digitales del Terreno

3.2.4.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.

Un modelo digital del terreno (MDT) se define como un conjunto de datos numéricos que describen la distribución espacial de una característica del territorio (p.e. altimetría, temperatura o pluviometría), que se puede considerar como una variable continua. De esta forma podemos describir un modelo como $z = \zeta(x, y)$, siendo z el valor de la variable modelizada en el punto de coordenadas $((x, y))$ por la función ζ .

Hay que tener presente que la información aportada por un modelo digital será empleada para derivar otras capas de información en, por ejemplo, procesos de simulación, toma de decisiones u obtención de nuevos productos cartográficos, de modo que se aconseja cuidar la realización del mismo tipo de transformación para toda la información derivada.

Por otro lado, aunque cada vez es más frecuente encontrar MDT con altitudes referidas al elipsoide (obtenidas por ejemplo con técnicas LIDAR³), lo más habitual es encontrar MDT con altitudes referidas al geoide procedentes de procesos de restitución, estereocorrelación o curvas de nivel. Sería necesario, por tanto, incorporar en el software de transformación de MDT, el modelo del geoide para hacer la conversión. Este modelo de geoide se recomienda que sea oficial.

3.2.4.2. Metodología de transformación.

Tanto en modelos de naturaleza ráster como vectorial, la transformación quedará garantizada empleando la rejilla en formato *NTv2* obtenida a partir del criterio de mínima curvatura. En el caso de que la escala o la exactitud del trabajo así lo requieran se podrá optimizar dicha rejilla densificando los datos obtenidos en el cálculo de la misma.

a) Formato ráster

Con carácter general los ficheros ráster van acompañados de un fichero cabecera donde aparece información referente a las coordenadas de los píxel de origen y/o el datum. Dichos ficheros son fácilmente editables individualmente o en grandes lotes mediante procesos programados.

Según el caso de que se trate, puede ser recomendable realizar un ráster continuo y transformar este ráster punto a punto para luego volver a generar los recortes de hojas. Si no se hace así en los límites de hojas podrían existir diferentes cotas a cada lado del limite, ya que cuando se recoloca cada píxel en la nueva posición ETRS89 se toma como valor la media ponderada de los píxeles más cercanos y en los bordes no consideraría los más próximos.

³LIDAR: un acrónimo del inglés “Light Detection and Ranking” o “Laser Imaging Detection and Ranking” es una tecnología que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz [láser](#) pulsado.

Esta técnica, nos permite sin apenas incremento de espacio una rápida transformación de los ficheros generando únicamente los ficheros de georreferencia externa. Para los formatos que permiten georreferencias externas e internas (fichero “World file” *.tfw o cabecera del formato Geotiff) la mayoría de software asume como dato inicial la georreferencia externa y si no la encuentra coge la de la cabecera. Eso posibilita tener la cabecera en un datum y la georreferencia externa en el otro sin incremento de volumen. Si bien es cierto, que programas utilizados por muchos GIS corporativos dan problemas al tener la cabecera interna en un datum y la externa en otro.

En el MDT ráster o de tipo GRID, cuando se aplica una transformación de Datum, la imagen sufre una transformación en la cual todos los centros de píxeles de la malla varían sus coordenadas y la generación de la nueva imagen ráster debe de sufrir un remuestreo o interpolación para asignar a cada celda en la imagen final el valor que le corresponde a los nuevos centros de píxeles.

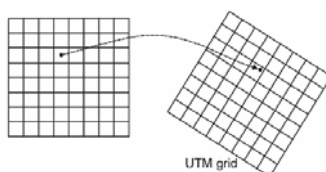


Fig. 3. Transformación ráster.

b) Formato vectorial

- Para ficheros con líneas de rotura y curvas de nivel: se establecen los mismos criterios que para los ficheros de formato vectorial de apartado 3.2.2.
- MDT tipo TIN⁴: El MDT tipo TIN es generado como resultado de la combinación de mallas correladas y de elementos restituidos. En este caso, la geometría está constituida por triángulos irregulares, con vértices de coordenadas conocidas, que deben definir bien todos los cambios significativos en la estructura del terreno para su correcta representación.

Al igual que en el caso de la cartografía ráster podemos realizar dos tipos de transformación:

- 1) Realizando una traslación media calculada a partir de las coordenadas del polígono envolvente que cubre el modelo.
- 2) Transformando punto a punto a partir de los parámetros obtenidos de la rejilla de transformación.

Si dicho modelo aparece almacenado en diferentes archivos, para garantizar la continuidad analítica de los datos se aconseja realizar dicha transformación empleando el método de punto a punto. En el caso del MDT vectorial es preferible.

3.2.4.3. Control de calidad.

Aspectos a controlar en la transformación de MDT son la exactitud posicional, el remuestreo la descomposición de elementos gráficos vectoriales y las discontinuidades en las zonas al borde del modelo.

a) Exactitud posicional.

En cuanto a errores posicionales en X o Y resultado de una transformación de Datum en un MDT, éstos conducen a una deficiente localización geográfica de la altitud o de la trayectoria de una curva de nivel. Asimismo, en los MDT basados en estructuras irregulares (tipo TIN), pueden verse afectadas las entidades geométricas. A modo de sugerencia, se debe verificar que la malla de puntos se adapta al

⁴ Red irregular de triángulos, en inglés “Triangulated irregular network”

modelo y al terreno, corregir aquellos puntos en los que dicha malla no lo haga, o emplear puntos de control para comparar su altitud con la obtenida en el MDT.

b) Remuestreo.

Se debe controlar el remuestreo o interpolación en los MDT de tipo grid para asignar a cada celda de la imagen final delimitada por valores enteros X,Y UTM, el valor que le corresponde al centro de la misma. Este problema se produce porque al transformar los valores enteros X,Y, desde ED50 a ETRS89, las nuevas coordenadas así obtenidas no conservan la característica de ser valores enteros.

El remuestreo o interpolación del nuevo MDT supone una pérdida de información si se emplean técnicas de remuestreo sin variación de valores (vecino más próximo) lo que supone un desplazamiento de cotas o una variación de la misma si se emplean técnicas de interpolación con suavizado (convolución cúbica o interpolación bilineal). La técnica dependerá de la variable que lleve asociado el MDT. Lo recomendable en los MDT es realizar un ráster continuo y aplicar el remuestreo a este ráster para luego generar de nuevo los recortes.

c) Descomposición de elementos gráficos vectoriales.

Hay que analizar la posible descomposición o cambio de algunos tipos gráficos correspondientes a curvas de nivel en primitivas gráficas diferentes, al transformar de ED50 a ETRS89. En caso de producirse, será necesario generar de nuevo los elementos gráficos o poli-líneas.

d) Discontinuidades en las zonas al borde del modelo.

Aspecto a tener en cuenta en la transformación de un MDT. Esta cuestión perjudicaría la posterior fusión con MDT colindantes, o su empleo en combinación con otras capas de información, ortofotos, mosaicos ráster etc. .

3.2.4.4. Conclusiones y recomendaciones para modelos digitales del terreno.

Si existen datos derivados o asociados al MDT, por ejemplo ortofotos, es conveniente utilizar el mismo método de transformación en ambos datos. Asimismo se aconseja emplear la técnica que modifica las cabeceras asociadas a los ficheros ráster, aunque en el caso de que no exista cabecera o la transformación sea efectiva ya en el fichero, el MDT debe transformarse punto a punto según la rejilla estándar y modelo de distorsión, aplicando a posteriori el remuestreo adecuado.

Las recomendaciones a seguir son:

A corto plazo:

- Considerar los distintos formatos de archivos de MDT, vectoriales o ráster, sobre los cuales se va a realizar la transformación para estudiar su correcto tratamiento.
- Sobre el modelo digital se debe conocer el estándar de transformación a utilizar y las limitaciones técnicas relacionadas con este tipo de datos, así como las herramientas de las que se dispone, los remuestreos a aplicar, sus consecuencias, y los controles y mejoras a efectuar a posteriori bien con datos de control o bien con la adición de nuevas líneas de rotura.

A medio plazo:

- Con especial hincapié en los modelos digitales que se emplean con otros productos cartográficos, se debe realizar una selección de información aprovechable y qué tipo de información demanda el usuario o emplea el organismo con mayor frecuencia, para establecer

un orden de prioridades a la hora de realizar la transformación y estudiar las posibilidades prácticas en cuanto al tratamiento organizado de ficheros.

A largo plazo:

- Estudiar los procedimientos para gestionar la duplicidad de información en ambos Datum durante el tiempo de transición. A modo de ejemplo, hay que plantearse las opciones existentes en la actualización de MDT con líneas de rotura, en cuanto a si es conveniente mantener el modelo actualizado en ambos Datum y de que modo. En este sentido se puede actualizar sobre el MDT en ETRS89 únicamente, actualizar y luego transformar o dejar la decisión en función de las necesidades de cada caso específico.
- Realizar controles sobre la información producida/transformada a ETRS89.

3.3. Cartografía temática.

3.3.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.

La cartografía temática es una cartografía destinada a representar uno o varios fenómenos, desarrollando su caracterización. Esta cartografía procede, a grandes rasgos, de cartografía básica o derivada, generalizada a partir de los mapas topográficos, que enfatiza un aspecto concreto de temas que pueden ser de muy distinta naturaleza, combinándola para su salida final generalmente con otras capas o recursos gráficos (por ejemplo fondos ráster 2D o vistas 3D).

La diversidad de variables que pueden ser objeto de una cartografía temática, incrementa las aplicaciones y usuarios a los que está destinada, así como las técnicas de análisis y de elaboración. Como salida final de cartografía temática tenemos desde las series temáticas de carácter puramente informativo, hasta la cartografía de inventario o representación rigurosa de variables, pasando por la cartografía normativa apta para estudios de evaluación (por ejemplo ocupación de suelo), susceptible de ser empleada a su vez con otras coberturas procedentes de diferentes fuentes para integración en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Por otro lado, hay que considerar que en cierto tipo de cartografía temática, no existe una norma común en su edición y representación, ni siquiera dentro de la representación de un mismo fenómeno. Por lo tanto los mapas suelen presentar leyendas y maquetaciones muy específicas según la materia representada. Además, no todas las series de cartografía temática que se distribuyen están realizadas en el GRS oficial. Con lo cual, este aspecto delimita en primera instancia la transformación a realizar, y hace necesario establecer una diferenciación entre la cartografía representada rigurosamente en un CRS definido, y entre la que no lo está.

3.3.2. Cartografía temática en soporte analógico.

Son de aplicación los criterios de análisis, alcance de la transformación, metodología de la misma y conclusiones elaboradas en el apartado de cartografía analógica. Hay que resaltar que en cartografía temática, la salida analógica es un medio demandado muy directamente, existiendo casos de cartografía informativa donde el usuario no necesita conocer coordenadas y por tanto carece de sentido abordar el problema para este tipo de representaciones.

3.3.3. Cartografía temática en soporte digital.

Análisis de la problemática del cambio de datum a ETRS89	v 1.0	2007-10-05	20
--	-------	------------	----

Esta cartografía suele proceder del uso combinado de coberturas, datos alfanuméricos y capas temáticas, procedentes de diferentes fuentes (por ejemplo datos producidos en ETRS89 y coberturas vinculadas fruto de una reproyección desde ED50), en estos casos es donde es más recomendable que se aplique un único método a nivel nacional para los datos transformados por todos los organismos productores. Cabe considerar que otro tipo de cartografía temática en soporte digital de uso común, aparece cada vez con más frecuencia en forma de cartografía interactiva con información asociada o rutas guiadas para empleo combinado con sistemas GNSS.

3.3.4. Control de calidad.

Es de aplicación lo establecido para cartografía vectorial y ráster, incidiendo en los valores de exactitud posicional recomendados con resolución suficiente como para representar las materias objeto de enfatización en la serie temática. Puesto que las coberturas temáticas que representan la distribución espacial de una variable, son integrables en un SIG, conviene considerar el análisis efectuado sobre la transformación de datos SIG.

3.3.5. Conclusiones y recomendaciones de la cartografía temática.

La cartografía temática no presenta aspectos destacables respecto a su tratamiento que la distinguan de la cartografía básica.

Las series temáticas producidas por editoriales deberían indicar claramente el Datum y el sistema de proyección de coordenadas empleado.

Las recomendaciones a seguir son:

A corto plazo:

- En el caso de cartografía temática que no sea muy demandada, la solución es adoptar el nuevo Datum a medida que los nuevos mapas se reediten cuando se vaya actualizando la serie. Adicionalmente, la cartografía temática orientada a un determinado sector de usuarios no necesita datos georreferenciados, ya que ésta tiene una utilidad informativa.

A medio plazo:

- Para ciertos contenidos temáticos, tanto por la necesidad de una representación rigurosa y normalizada de ciertos fenómenos como por su posterior uso, es necesario obtener datos producidos en el Datum ETRS89 o reproyectados utilizando la transformación a ETRS89 adoptada como estándar. Por tanto, todo lo que sea de aplicación en la transformación y producción de cartografía vectorial y ráster en ETRS89, es aplicable a este tipo de cartografía.
- Dependiendo de la importancia y uso de los datos, se deben realizar controles sobre la información producida/transformada a ETRS89.

3.4. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistemas de bases de datos (BD).

3.4.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.

El caso de los SIG es un caso similar a la cartografía digital pero se incrementa la dificultad en el tratamiento. Ello es debido a que un Sistema de Información Geográfica se construye a partir de la existencia de coberturas originales, derivadas y datos alfanuméricos incluidos en bases de datos, fruto de operaciones espaciales, lógicas y de análisis efectuadas sobre los datos de entrada.

En primera instancia, las limitaciones de un cambio de Sistema de Referencia Geodésico sobre los SIG y Bases de datos existentes, vendrán en función de los siguientes factores:

- El grado de homogeneidad en precisión con respecto al Datum de los datos y coberturas de entrada.
- El GRS y tipo de transformaciones soportadas por el software SIG y los sistemas gestores.
- La facilidad y operatividad para manipular, gestionar y realizar operaciones espaciales sobre la información y coberturas en ambos Datum ED50 –ETRS89 durante el tiempo de transición.
- La posibilidad de personalizar librerías y funciones para la migración de los datos al Datum ETRS89.

Respecto a esto último, actualmente la mayoría de SIG debería hacer lo que se denomina transformación “*al vuelo*”, lo que permite trabajar en los dos Datum indistintamente teniendo datos en ambos Datum. Para ello es necesario que todas las aplicaciones soporten la transformación *NTv2*.

3.4.2. SIG vectorial.

3.4.2.1. Metodología de transformación.

a) Escala y límite de aplicación.

La metodología a seguir es la misma que con la cartografía vectorial: desarrollo o personalización de la aplicación que realice el cambio si el software no incorpora como transformación la basada en la rejilla estándar *NTv2*. En lo referente a la escala y límite de aplicación, lo comentado en anteriores apartados es extrapolable al caso de Sistemas de Información Geográfica.

b) Formatos.

Al existir múltiples formatos de almacenamiento de información, lo que si merece la pena destacar son las estructuras y topología de relaciones de datos que caracteriza a un SIG a diferencia de un software CAD y que dificultarán el cambio de sistema.

3.4.2.2. Control de calidad.

Similar al mencionado apartado de cartografía vectorial, dando mayor importancia a los siguientes aspectos:

- La comprobación de la topología final de los elementos tras el cambio (esto dependerá de la estructura que siga el formato): tipo de elemento, tipo de primitiva. La pérdida de propiedades topológicas no es una consecuencia directa del método de transformación, pero si de su aplicación deficiente.
- Coincidencia del número de entidades de entrada y salida
- Que los registros de las tablas asociadas no se vean alterados.

a) Exactitud posicional.

Deberán obtenerse puntos de muestreo para analizar sus coordenadas y comprobar que el cambio se ha realizado correctamente, análogamente al caso de cartografía vectorial.

b) Coherencia lógica y propiedades topológicas en coberturas.

Este apartado hace referencia al análisis de posibles errores en las entidades transformadas. Dado que no existe un modelo de elementos y de reglas topológicas único, se debe establecer para cada caso las normas a seguir para comprobar esa coherencia. Como ejemplo, debe haber unas reglas para casos específicos sobre el mantenimiento de puntos de intersección, como puede ser el punto de intersección existente entre una autopista y una de sus salidas. Para ver el efecto sobre coberturas transformadas, se puede trabajar con herramientas propias de estos programas, como por ejemplo análisis de intersecciones, superposiciones o proximidad. Además de la coherencia espacial no se debe olvidar la coherencia de sus tablas relacionales.

c) Superposición de capas y coberturas

Este punto podría estar incluido en el apartado anterior pero se trata aparte, pues no todos los SIG disponen de estructuras de datos complejas. Algunos usuarios todavía trabajan con software que se basan en topología plana, por tanto es necesario resaltar que en estos SIG lo más importante es comprobar que la superposición de capas y coberturas sea la correcta. A modo de ejemplo, se podría suponer que dos líneas que discurren por el mismo lugar, como el caso de un río que hace de límite municipal y el propio límite, al no compartir exactamente los mismos puntos, podría suceder que la transformación posterior dejara entrever una no coincidencia de la propia línea. Esto se soluciona con una nueva superposición de capas o coberturas transformadas y aplicando a posteriori análisis espacial.

3.4.2.3. Conclusiones y recomendaciones en SIG vectorial.

Los SIG pueden ser tratados como cartografía vectorial en parte de su representación gráfica, pero hay que tener en cuenta las relaciones entre elementos, la topología, y las operaciones sobre coberturas, que seguirán unas normas u otras y deberán ser comprobadas tras el cambio. Si el software no incorpora el cambio de sistema de referencia adoptado como estándar (rejilla *NTv2*), será necesario personalizar o reprogramar el tipo de transformación soportada.

Una cuestión a tener en cuenta es la precisión del software, sobretodo para SIG de simple precisión con topología plana o sin ninguna topología, correspondiente a versiones antiguas, como por ejemplo Arcview v.3., pues es en ellos donde el problema reflejado en el apartado C del punto 3.4.2.2 se puede producir.

Hablando en unidades temporales, para establecer prioridades, las recomendaciones son análogas al apartado de Cartografía vectorial.

De cualquier forma el concepto de Sistema de Información Geográfica o Sistema de Información Territorial, ha evolucionado actualmente hacia las Infraestructuras de Datos Espaciales de integridad referencial y geográfica, constituyendo servicios abiertos, de explotación flexible y, por definición, con datos neutros e ínter operables. En el contexto actual, la incorporación de normas referentes al GRS ETRS89 en todos los estándares, y recomendaciones sobre la información a compartir, debería favorecer esa evolución.

3.4.3. SIG ráster

Los SIG ráster pueden ser tratados gráficamente para el cambio de sistema, a través de procesos similares y con las mismas limitaciones que la cartografía ráster. No obstante, en este caso se habla de datos propios de uso temático que pueden estar formados por varias capas de información ráster. Al disponer de varias capas y ser algunas derivadas, pueden plantearse dos alternativas: la primera pasa por realizar el cambio a todas las capas primarias y derivadas, y la segunda opción consiste en transformar solo las capas de datos primarias y posteriormente volver a obtener las derivadas

repitiendo los procesos que se realizaron inicialmente (aunque esto último parece un proceso más lento, es habitual que se dispongan de macros que obtengan esas capas derivadas pues es habitual que los datos de partida cambien).

3.4.3.1. Metodología de transformación.

a) Escala y límite de aplicación.

No existe una escala o límite de aplicación, si acaso se debe tener en cuenta el área representada en esa cartografía, que cuanto mayor sea, menor será la uniformidad en el cambio.

b) Formatos.

Al igual que los SIG vectorial, los ráster disponen de varios formatos para almacenar datos, pero no son tan complejos como los SIG vectoriales.

3.4.3.2. Control de calidad.

Este apartado vuelve a ser análogo al de cartografía ráster, diferenciándose únicamente en que aquí la información puede estar en varias capas que comparten la misma área.

a) Exactitud posicional.

El tratamiento es análogo a la cartografía ráster.

b) Coherencia lógica de los atributos alfanuméricos.

Debido a los remuestreos, a posteriori de la transformación efectuada, sería interesante comprobar por áreas que este remuestreo no ha afectado a posibles datos/cálculos derivados.

c) Superposición de capas y coberturas.

Con este apartado se quiere hacer constar la posibilidad de disponer de varias capas con diferente resolución espacial, a las que la transformación haya afectado de diferente manera. El problema puede venir por un pequeño cambio en los valores de ciertas cifras estadísticas representativas de la distribución espacial de una variable, por lo que la tolerancia del valor en cuestión debe ser medida con el cambio de valor.

3.4.3.3. Conclusiones y recomendaciones en SIG ráster.

Como en los SIG vectoriales, el problema principal viene en el momento en que varias capas deben relacionarse para obtener otras derivadas. Cuanto mayor sea el área que representa esa cartografía y más dispersa sea la resolución espacial, más se pueden ver afectadas las posibles coberturas derivadas.

Se presenta como recomendación analizar cuanto se ven afectadas estas capas y si el valor queda dentro de la tolerancia como así debería ser.

3.4.4. Bases de datos asociadas con referencia a coordenadas.

El almacenamiento de coordenadas en bases de datos es algo común en la información geográfica, donde, desde siempre, la gran cantidad de registros ha hecho difícil gestionar la información. En algunos casos, los más básicos, se ha optado por su almacenamiento únicamente alfanumérico unido a

Análisis de la problemática del cambio de datum a ETRS89	v 1.0	2007-10-05	24
--	-------	------------	----

unas coordenadas. Esta sería la situación de una simple base de datos (BD) de topónimos o coordenadas asociadas a distritos postales. El problema es mucho más complicado en el caso de BD relaciones (tipo ORACLE) de explotación flexible por parte de aplicaciones corporativas, SIG o software de producción.

3.4.4.1. Metodología de transformación.

Se sugieren dos posibles metodologías según el tipo de BD que estemos gestionando:

- En su caso más simple, se puede trabajar directamente sobre los campos. Es una primera opción basada en la aplicación directa sobre la BD de librerías o rutinas de transformación basadas en el estándar de rejilla *NTv2*, que cambien o rellenen campos nuevos con las nuevas coordenadas o bien transformar toda la BD.,.
- Trabajar sobre las coberturas y pasar luego a formato alfanumérico, es decir, aplicar una transformación a todos los elementos gráficos en programas de explotación SIG vectoriales o CAD, si ya se dispone de una rutina para el cambio gráfico de todo el conjunto. Al retornar al formato alfanumérico, sería recomendable rehacer las relaciones existentes en el gestor de BD.

a) Bases de datos en distintos formatos.

La diversidad de Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD), dificulta el desarrollo de una rutina única para transformar BD o un análisis de las librerías de transformación aplicables. Pero si disponemos de bases en varios formatos, una solución sería realizar librerías para los sistemas más potentes, y trasladar allí todos los datos para posteriormente regresarlo a su formato inicial si fuera necesario (migración de formato + cambio de Datum + migración al formato inicial). Este proceso no es recomendable por la cantidad de operaciones intermedias que implica.

Tradicionalmente, una de las principales limitaciones que aparecen en un SGBD, es el tipo de operadores soportados por defecto (entero o flotante) tomados como valor de entrada y las funciones matemáticas básicas que limitan las posibilidades de personalizar las operaciones a realizar sobre los datos. Muchos SGBD no son de código abierto sino que dependen de marcas comerciales y restringen el acceso de funciones externas y ejecutables sobre los datos de los módulos espaciales.

No obstante, se prevé una tendencia hacia los sistemas gestores de bases de datos relacionales de código abierto (por ejemplo PostGreSQL). Esto favorece la utilización y soporte de tipos y funciones definidos por el usuario, con capacidad para ejecutarse embebidos en el sistema gestor. Actualmente, los sistemas gestores de bases de datos más potentes, cuentan también con un amplio conjunto de enlaces a diferentes lenguajes de programación como C, C++, Java o tcl.o con la posibilidad de añadir nuevos lenguajes de implementación.

Ello conduce a la situación de poder reutilizar librerías programadas previamente en distintos SGBD, si estos soportan el lenguaje de programación en que están implementadas. De ahí que sea necesario establecer los mecanismos para poder compartir y disponer de librerías estándar que incluyan la conversión basada en *NTv2*.

b) Gestión de grandes volúmenes de bases de datos y actualizaciones durante el tiempo de transición.

Dependiendo del tiempo de transición, el proceso de actualización de datos podría ser crítico. Con respecto a esta situación y el volumen de la BD se podría actuar de dos formas:

- Si se ha transformado toda la BD a ETRS89, se trabajaría con los archivos resultantes introduciendo las actualizaciones ya con datos en ETRS89. Esta transición es rápida pero traumática, en el caso de un gran volumen de información. Si no se dispone de una buena librería de cambio de Datum que ejecute la transformación de manera eficiente, sería necesario realizar una transformación por registros e incluso interrumpir el uso y explotación de las bases de datos durante un periodo de tiempo.
- La segunda forma, consistiría en la conservación de las bases de datos en ED50 e introducir los registros actualizados en el Datum de origen, pero crear campos que permitan disponer de los registros transformados a ETRS89 durante un tiempo, a medida que se necesite la información en el nuevo Datum. Esta transformación es más gradual, pero perjudica la precisión final de los datos y necesita de una librería o módulo embebido en el sistema gestor de la base de datos para que sea totalmente operativa y obtenga la transformación al vuelo.

La elección de un método u otro, también se encuentra en función del tipo de base de datos, como en el apartado a). Es más recomendable cambiar todo a ETRS89, (la primera opción), para no alargar el tiempo de transición.

El caso de una base de datos relacional, que forme parte del modelo de un Sistema de Información corporativo es mucho más complejo. Planteemos por ejemplo la situación habitual de una BD, incluida en un sistema de explotación dentro de una infraestructura de datos espaciales, que es utilizado por diversas instancias (aplicaciones corporativas, aplicaciones de gestión administrativa, edición cartográfica, tablas de metadatos y formularios para usuarios finales). En este caso nos valdríamos de herramientas C, C++, asp, java o librerías que incluyan la transformación estándar *NTv2* en las aplicaciones que gestionen la base de datos relacional.

3.4.4.2. Control de calidad.

El análisis de los datos migrados a ETRS89, pasa por la comprobación de que la rutina ha realizado adecuadamente el cambio y que el campo donde se han almacenado los datos se corresponde con la precisión decimal que se exige. Adicionalmente, se debe revisar las relaciones entre los elementos existentes. Además si se han realizado cambios de formatos, es recomendable comprobar que los campos no han sufrido variaciones respecto al número de decimales.

3.4.4.3. Conclusiones y recomendaciones en BD.

Los problemas principales residen en que el volumen de datos sea excesivo o se disponga de BD en distintos gestores que no soporten las librerías existentes de transformación. Para ambos casos se dan recomendaciones para pasar las rutinas por una fracción de los registros, exportar todas las tablas a un único gestor, más potente, que si soporte la herramienta de transformación (volviendo si se cree necesario al formato origen y rehaciendo las relaciones existentes) o que la rutina trabaje con los distintos gestores de bases de datos.

A corto plazo:

- Analizar las BD que deben incorporar coordenadas en ETRS89 (bases de datos de topónimos, distritos postales o puntos kilométricos).
- Diseño de la planificación del cambio si se dispone de grandes BD relacionales y en distintos formatos.
- Establecer los mecanismos para difundir y compartir librerías de transformación orientadas a SGBD en diferentes lenguajes de programación.

A medio plazo:

- Incorporación de las rutinas y librerías de cambio que utilicen la rejilla estándar *NTv2* para bases de datos y gestores más comúnmente empleados. En caso de ser posible esta incorporación se debería llevar a cabo mediante módulos embebidos.
- Generación de las aplicaciones y ejecución de las mismas en grandes BD.

A largo plazo:

- Realizar controles sobre la información transformada a ETRS89.

3.5. Metadatos ISO

El número, la complejidad y la diversidad de los conjuntos de datos geográficos han crecido en los últimos años, aumentando, por tanto, la importancia de un método para proporcionar un correcto entendimiento de todos los aspectos relacionados con la información geográfica. Los metadatos han sido la principal solución para este problema.

La definición más simple de metadatos es la de "datos estructurados sobre los datos" (15). Para entender mejor el concepto solo hay que fijarse en las fichas de un catálogo de una biblioteca, en ellas se almacenan, además del título o del autor, otra información como podría ser el tipo de cubierta del libro, número de páginas, número de edición o año. En el caso de la cartografía, durante muchos años se ha pensado que bastaba con la información que aparecía en la hoja impresa suponiéndose que si se necesitaba mayor información se consultaría a los productores de la misma. Actualmente, no toda la información cartográfica llega a ser publicada. La no publicación de la información lleva consigo que en algún lugar deben de guardarse las referencias sobre los datos para que no se pierda, para esto los metadatos son una gran solución.

Los metadatos asociados a la información geográfica, han ido unificando sus criterios en los últimos años hasta materializarse en la norma ISO 19115:2003 *Información geográfica- Metadatos*. Esta norma representa un tipo de metadatos perfectamente establecido, muy completo y abierto, lo cual no es incompatible con la complejidad que supone rellenar toda la información requerida en sus campos. Además proporciona información sobre la identificación, la extensión, la calidad, el modelo espacial y temporal, la referencia espacial y la distribución de los datos geográficos. El empleo de estos metadatos y su posterior publicación en servidores (16) va a servir para que las búsquedas de información geográfica a través de la red/Internet y de sus portales de acceso a información geográfica dispongan de mayores recursos de búsqueda de datos geográficos.

El amplio abanico que ofrecen estos metadatos abarca campos obligatorios, condicionales, opcionales, entidades (conjunto de elementos que describen un mismo aspecto de los datos) y elementos de metadatos (unidad discreta de metadatos); además incluye la posibilidad de crear extensiones de metadatos para adaptarse a necesidades especiales. Como ya se ha mencionado, el cumplimentar esta información no deja de ser costoso por el tiempo empleado, ni complejo por la definición técnica de sus campos. En este sentido, en España se ha decidido seleccionar un núcleo básico de metadatos recomendables, sin menosprecio del resto de campos. Este núcleo recibe el nombre de Núcleo Español de Metadatos (NEM) (17).

La generación de metadatos puede realizarse "a mano", entendiendo por ello la edición directa del fichero que los contiene, o pueden rellenarse a través de programas desarrollados específicamente para esa tarea.

El lenguaje digital de los metadatos es el XML (acrónimo en inglés de, *eXtensible Markup Language*), derivado del ya conocido HTML, y por tanto editable en cualquier programa editor de

textos pues se almacena en formato ASCII. Aún existen problemas de importación de metadatos entre los propios programas editores puesto que las etiquetas de los apartados aún no están del todo normalizadas, lo cual también afecta a la maquetación de los mismos mediante plantillas. La norma 19139, actualmente en proceso de aprobación, estandarizará la implementación en XML de los metadatos.

3.5.1. Criterios de análisis y alcance de la transformación.

Entre la documentación recogida en los metadatos se hace referencia al sistema de referencia geodésico en el que están los datos, y por tanto, este valor se va a ver afectado si los datos sufren un cambio.

Estos datos, por supuesto, pueden ser digitales o analógicos, sin embargo los metadatos siempre serán digitales. Ya se ha comentado con anterioridad que la información no disponible digitalmente únicamente podría reflejar el nuevo sistema de referencia mediante la rotulación de la nueva malla en coordenadas UTM o geográficas sobre el antiguo. Si se desea realizar este procedimiento, los metadatos deberían reflejar la inclusión de esta nueva información incluyendo el nuevo valor en la información de metadatos referida al sistema geodésico (la norma permite valores múltiples de este campo para un mismo conjunto de datos).

Para el resto de datos, el proceso a seguir consiste en un cambio de valor en los campos que hacen referencia al sistema geodésico y en completar los campos referidos a la transformación de cambio de datum, si los datos ya disponen de metadatos. En caso contrario, lo recomendable es generar los metadatos con el valor correspondiente al sistema ETRS89 en la información del sistema geodésico. Hay que tener en cuenta la transformación de los metadatos que hacen referencia a las coordenadas máximas y mínimas de una serie cartográfica u hoja (incluido en metadatos INSPIRE)

El elemento que emplean los metadatos para identificar proyecciones y sistemas de referencia es un código derivado de la “*EPSG GEODETIC PARAMETER DATASET v 6.10.1*” perteneciente a la *International Association of Oil & Gas Producers* (21). Este código es numérico de cinco cifras, por ejemplo el código *EPSG : 23030* se corresponde con ED50 UTM 30N, *EPSG: 23031* con ED50 UTM 31N y *EPSG: 23029* con ED50 UTM 29N, mientras que para el sistema de referencia ETRS89 disponemos el código *EPSG: 25830* con ETRS89 UTM 30N, *EPSG:25829* - UTM 29N y *EPSG:25831* - UTM 31N.

3.5.2. Metodología a seguir para metadatos ya existentes.Proceso por lotes.

Para el cambio de valores en el campo de los metadatos reservado para el sistema de referencia, si los ficheros a modificar son muchos, se recomienda un proceso manual empleando directamente un editor de texto o cualquiera de los programas mencionados con anterioridad.

La entidad a modificar es “Información del Sistema de referencia” denominada *MD_ReferenceSystem*. Donde es posible identificar el sistema geodésico de referencia y la proyección empleada. Incluye los sistemas temporales, los basados en coordenadas y los basados en identificadores Geográficos.

En el caso de disponer de múltiples metadatos asociados se recomienda generar utilidades/macros que accedan directamente a la etiqueta y sistema de referencia y lo sustituyan.

3.5.3. Utilización de la norma ISO 19115 para albergar datos sobre la transformación de cambio de datum.

Se podría plantear crear una extensión de la Norma ISO 19115 donde se pudiera almacenar el histórico del cambio, los parámetros y métodos empleados, el error estimado y por supuesto la visualización de distintas cuadrículas para mapas impresos. El anexo F de la norma ISO 19115 da los nueve pasos a seguir para la definición de extensiones de metadatos. Aunque la adopción de un nuevo Datum, es un hecho lo bastante importante como para plantear una extensión a la norma, resulta una propuesta difícil de consensuar y llevar a la práctica.

Por otro lado, tanto la norma ISO 19115 como el perfil NEM, recomendado por el Consejo Superior Geográfico para la aplicación de esta norma en España, contienen, entre sus campos, información relativa a la calidad de los datos en la que se puede incluir la información referida a la transformación de cambio de Datum.

Interesa almacenar por lo menos los siguientes valores:

- Definición Sistema origen de la transformación.
- Definición Sistema destino de la transformación.
- Definición del método y parámetros utilizados.
- Definición de la aplicación empleada.
- Definición del error previsto de la transformación.
- Fecha del cambio.

Para ello es necesario rellenar varios campos del elemento de metadatos *MD_Metadata.dataQualityInfo*. Este metadato se estructura en tres bloques: ámbito de aplicación, componente cualitativa de la calidad y componente cuantitativa de la calidad.

El campo *DQ_Scope*, referido al ámbito de los datos geográficos de los cuales se analiza su calidad, permite señalar la extensión geográfica y los elementos del conjunto de datos sobre los que se ha realizado la operación.

El campo de linaje de la información, *LI_Lineage*, incluye los componentes cualitativos de la calidad. Se compone, a su vez, de tres elementos: descripción (*statement*), fuentes (*LI_Source*) y pasos del proceso (*LI_ProcessStep*). Estos tres elementos son alternativos entre ellos y la compleción de uno hace innecesario rellenar los demás. Por ejemplo, si se utiliza el elemento *LI_ProcessStep* se puede describir la transformación de cambio de Datum (método, parámetros y aplicación empleada), dar la fecha en que se realizó la operación, describir la fuente de los datos (sistema origen de la transformación) y la entidad responsable del cambio. El sistema geodésico destino de la transformación viene ya dado por el valor del elemento *MD_ReferenceSystem* del mismo conjunto de datos, aunque se puede señalar además en la descripción de la transformación.

El campo *DQ_Element* representa la componente cuantitativa de la calidad. Permite incluir el nombre de la operación realizada (transformación de cambio de datum), una descripción de la misma (método, parámetros y aplicación empleada), la fecha de realización y el resultado cuantitativo (error previsto de la transformación).

Atendiendo al concepto de Modelo de herencia de Metadatos, dentro de un conjunto de metadatos de diversos niveles, la entrada referida al Sistema de Referencia y Transformación debe ser de *Herencia obligada*, de manera que todos los niveles jerárquicos inferiores se vean afectados obligatoriamente por ese valor.

Un ejemplo puede verse en los siguientes extractos de un metadato correspondiente a un conjunto de datos que ha sido transformado de ED50 a ETRS89 según la rejilla NTv2 facilitada por el IGN. Los nombres de etiquetas siguen la norma ISO 19139 de implementación XML de metadatos (en últimas fases de aprobación):

Definición del Sistema actual de referencia ETRS89 en *MD_ReferenceSystem* :

```

<gmd:referenceSystemInfo>
  <gmd:MD_ReferenceSystem>
    <gmd:referenceSystemIdentifier>
      <gmd:RS_Identifier>
        <gmd:code>
          <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">EPSG:25830 ETRS89 huso 30N</gco:CharacterString>
        </gmd:code>
      </gmd:RS_Identifier>
    </gmd:referenceSystemIdentifier>
  </gmd:MD_ReferenceSystem>
</gmd:referenceSystemInfo>
  
```

Definición del proceso de Transformación entre Datums en *LI_Lineage* y *LI_ProcessStep*:

```

<gmd:lineage>
  <gmd:LI_Lineage>
    <gmd:statement>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Versión 1.
    </gmd:statement>
  </gmd:LI_Lineage>
</gmd:lineage>
  
```

Para la realización del Nomenclátor Geográfico de Andalucía se ha tomado como fuente de partida el Mapa Topográfico de Andalucía a escala 1:10.000 en formato digital Vectorial MTA10 DV v1, basado en un modelo de datos SIG.

Transformación de Datum ED50 a ETRS89.</gco:CharacterString>

```

<gmd:statement>
  <gmd:processStep>
    <gmd:LI_ProcessStep>
      <gmd:description>
        <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Sistema origen (EPSG): 23030
      </gmd:description>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Sistema destino (EPSG): 25830
    </gmd:LI_ProcessStep>
  </gmd:processStep>
</gmd:statement>
  
```

Método y parámetros: Rejilla NTv2, modelo de distorsión mínima curvatura, fichero sped2et.gsb
 Aplicación empleada: programación en VB.
 Cuadrículas existentes del mapa: No hay.</gco:CharacterString>

```

</gmd:description>
<gmd:dateTime>
  <gco:DateTime xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">2007-03-01T12:00:00</gco:DateTime>
</gmd:dateTime>
<gmd:processor>
  <gmd:CI_ResponsibleParty>
    <gmd:individualName>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Cristina Torrecillas Lozano</gco:CharacterString>
    </gmd:individualName>
    <gmd:organisationName>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">ICA</gco:CharacterString>
    </gmd:organisationName>
    <gmd:positionName>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Asistente Técnico Cartográfico</gco:CharacterString>
    </gmd:positionName>
  </gmd:CI_ResponsibleParty>
</gmd:processor>
  
```

Definición del error del método en *DQ_Element*

```

<gmd:report>
  <gmd:DQ_AbsoluteExternalPositionalAccuracy>
    <gmd:nameOfMeasure>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Transformación de Datum</gco:CharacterString>
    </gmd:nameOfMeasure>
    <gmd:measureDescription>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Error de transformación entre Datum.</gco:CharacterString>
    </gmd:measureDescription>
    <gmd:evaluationMethodType>
      <gmd:DQ_EvaluationMethodTypeCode
        codeList="/resources/codeList.xml#DQ_EvaluationMethodTypeCode"
        codeListValue="indirect">indirect</gmd:DQ_EvaluationMethodTypeCode>
    </gmd:evaluationMethodType>
    <gmd:evaluationMethodDescription>
      <gco:CharacterString xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco">Valor previsto y facilitado por el creador del archivo de transformación sped2et.gsb
        sobre 1500 puntos, 1400 de los cuales presentaban errores inferiores a 25 cm.</gco:CharacterString>
    </gmd:evaluationMethodDescription>
  </gmd:DQ_AbsoluteExternalPositionalAccuracy>
</gmd:report>
  
```

3.5.4. Control de calidad.

En este caso el control de calidad no pasa de ser una revisión de ficheros textuales. Si se dispone de un servidor de catálogos de metadatos se podrían preparar búsquedas en el nuevo sistema y comprobar si los resultados obtenidos muestran información en el nuevo Datum.

3.5.5. Conclusiones y recomendaciones para metadatos.

Como conclusiones y recomendaciones de este apartado se debe mencionar que los metadatos son una parte importante que acompaña a los datos geográficos, que deben existir a pesar de la complejidad y trabajo que da su cumplimentación y que han de mantenerse actualizados. En el caso

que nos ocupa, es importante rellenar tanto los metadatos referidos al sistema de referencia como los que se refieren al tipo y calidad de la transformación de cambio de Datum realizada.

Aplicando estas ideas al espacio tiempo:

A corto plazo:

- Recopilación de metadatos afectados por el cambio o creación directa de los mismos.

A medio plazo:

- Generación de aplicaciones para procesos por lotes con el fin de modificar los metadatos.
- Controles de calidad.

3.6. Visores cartográficos

La manipulación y sobre todo la visualización de información geográfica, han evolucionado a una orientación basada en Internet, en un principio como mero visualizador de una imagen ráster que devolvía un servidor de mapas hasta derivar en visores que editan, cortan y hacen análisis espacial sobre elementos vectoriales o ráster. Estos visores necesitan un sistema de coordenadas para poder gestionar esta información y como sucede en cualquier sistema gráfico, este aspecto adquiere especial importancia si se quiere combinar información con datos que proceden de diferente Datum.

En Internet, la posibilidad de compartir información es una premisa fundamental y en el caso de la información geográfica esta necesidad se hace aún más evidente. Los servidores de mapas se están estandarizando siguiendo las recomendaciones del OGC (20), y actualmente pueden intercambiar datos, aunque no todos los servidores realizan cambios de sistemas de referencia geodésicos al vuelo, y los que lo hacen suelen emplear parámetros globales de cambios. El elemento que emplean estos servidores para identificar proyecciones y sistemas de referencia es el ya mencionado código “EPSG”.

Quizá los primeros visores comentados son los que más rápidamente avanzan y la idea de que estos visores de mapas intercambien datos, como ya se ha mencionado, a día de hoy es posible, solo hay que acercarse al visor de datos de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) (22), y ver como los datos de otros organismos de cartografía están disponibles en este visor, pero además también en el visor propio de cada organismo.

3.6.1. Visores cartográficos en Internet.

Actualmente las especificaciones del OGC, definen como se debe estandarizar o implementar un Servicio de Mapas en Web (WMS), un Servicio de Catálogos (CSW), de Fenómenos (WFS) o de coberturas (WCS), en cuanto a la capacidad de superponer visualmente datos de diferente formato y fuente, en distintos Sistemas de Referencia Geodésicos y Sistemas de Coordenadas.

En definitiva, todos los servicios encadenados con las prestaciones de un Geoportal, deben recoger y soportar los parámetros y atributos identificadores del GRS ETRS89, puesto que ello supone un requisito fundamental para la interoperabilidad y combinación de los datos. En la práctica, el cumplimiento de este aspecto resulta crítico. Lo mismo sucede para las aplicaciones cliente que accedan a los servicios estándar en red.

Por otro lado, quizá el principal problema de algunos visores más extendidos en la actualidad, es la imposibilidad de realizar la transformación del GRS “al vuelo” a ETRS89 o de soportar la

transformación estándar para modificar el CRS en que se sirven los datos. Además, la documentación del método empleado en tal fin, suele ser escasa, con lo que la visualización de datos en distintos sistemas puede venir representada con errores considerables.

Hay que destacar, que el cambio de sistema de referencia puede no tener gran influencia sobre instrumentos que sean meros visualizadores, pues realizando el cambio de sus datos en programas adecuados solo quedaría redefinir el código *EPSG* y/o la identificación del CRS.

3.6.1.1. Recomendaciones para visores cartográficos en Internet.

Las recomendaciones a seguir en el caso de disponer de un servidor de mapas en Internet, es que se revisen los códigos asociados a la visualización de esa información para comprobar la incorporación del código *EPSG* de ETRS89 para la identificación del CRS. Previamente a hacer uso de un servicio de cartografía en red tipo *WMS*, tanto por la parte del software cliente como por parte del servidor de mapas, se debe evaluar si soporta totalmente el *CRS* con el que se está trabajando.

Un aspecto a mejorar, consiste en que los servidores de mapas (*WMS*) con capacidad de devolver una transformación de coordenadas ejecutando comandos tipo “*Query*” o “*request*”, incorporen la transformación por rejilla *NTv2* para la península, y adicionalmente, sean capaces de especificar, mediante parámetros de retorno al cliente, que método están utilizando en el cálculo.

Por último, es recomendable mantener la información en ambos Datum, si el periodo de tránsito entre sistemas va a ser largo, con lo que la existencia de servidores que den datos en un sistema de referencia y en otro va a ser algo común.

3.6.2. Visores locales: cartotecas, visores freeware.

Estos visores no suelen incluir información relativa a sistemas de referencia. Es este caso, si se cambia toda la información de Datum, el visor no debería verse afectado por los cambios, es análogo al caso anterior con la excepción de que estos visores no suelen intercambiar información.

Un problema sería que se quisiera mantener información en ED50 y otra en ETRS89. En ese caso o se duplica la información en ambos sistemas, o se reprograma la aplicación para realizar cambios de coordenadas al vuelo. La primera opción es la más empleada en principio, pues los motores de manejo de información geográfica no suelen incluir este cambio en sus paquetes de desarrollo de aplicaciones.

3.6.2.1. Recomendaciones para visores locales: cartotecas.

Análogo al caso anterior. La única salvedad es que estos visores no tienen que compartir generalmente información.

Para las cartotecas, lo más recomendable es que dispongan de metadatos normalizados para identificar correctamente los nuevos mapas. También sería recomendable que sus visores soportaran información relativa al sistema de referencia.

3.7. Otras consideraciones para el periodo de adaptación al GRS ETRS89.

En el escenario actual para la transición al Datum ETRS89 están implicados diferentes elementos clave y agentes, que supondrán una clara influencia en el impacto económico y tiempo de implantación del Datum ETRS89. Entre los elementos pueden incluirse las siguientes cuestiones:

- **Recursos** o herramientas existentes.

- **Información** y difusión de estándares y recomendaciones basados en el análisis efectuado en este apartado, para establecer métodos y procedimientos de trabajo con datos transformados y convivir con información geográfica en ambos Datum.
- **Formación** a ciertos agentes implicados en nuevos conceptos y herramientas a emplear (pequeños productores, desarrolladores o usuarios finales).

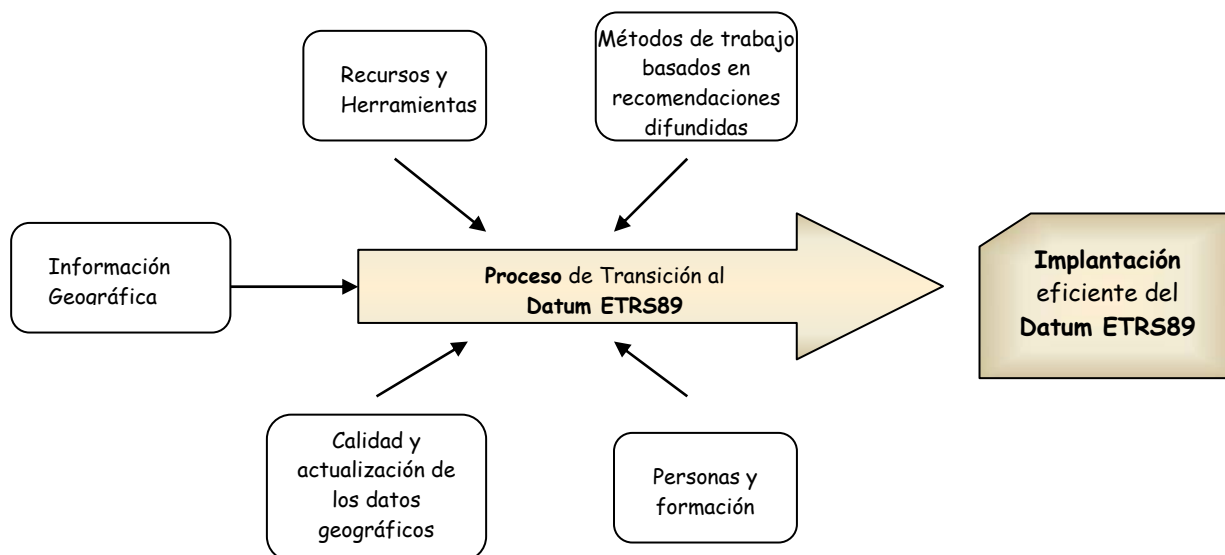


Fig. 4. Diagrama causa –efecto

3.7.1. Creación de recomendaciones.

Este documento en sí constituye una serie de recomendaciones y promueve la utilización generalizada de estándares para la transformación, producción y gestión de la información geográfica durante el tiempo de transición:

- Recomendaciones y procedimientos de transformación para productores, punto nº3.
- Recomendaciones para fabricantes de software de producción, edición y SIG, que indiquen las necesidades presentes y futuras a las que se enfrentan los usuarios, punto nº4.
- Recomendaciones para desarrolladores de software libre, librerías y rutinas para la aplicación del estándar *NTv2*, punto nº4.

3.7.2. Actualización de recomendaciones.

Se propone a su vez que los documentos de recomendaciones finales sean abiertos y actualizables durante el tiempo de adaptación y transición al ETRS89, en los que reviertan a su vez las consecuencias del impacto durante dicho periodo. Para ello, opcionalmente se podrían llevar a cabo las siguientes prácticas:

- Abrir una vía oficial de otras aportaciones de los efectos del impacto (p.e. foros), para usuarios y desarrolladores, con el fin de ampliar las recomendaciones a través de anexos a este documento.
- Fijar una frecuencia de actualización de recomendaciones difundidas vía portal web.
- Establecer un plazo límite durante el cual estas recomendaciones se puedan ampliar.

□ Bibliografía

1. “Calidad en producción cartográfica“ . Ariza F.J. (2002). RA-MA, ISBN 8478975241.
2. “Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital”. J. L. Lerma García. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia. Ref: 2002.430
3. Especificaciones de la Base Topográfica 1:5.000 (BT5M) –Comisión de Normas –CSG -2006
4. Especificaciones técnicas de la base cartográfica numérica tridimensional 1:25.000 (BCN25 3D)-IGN 2006
5. “GDA Grid Transformation using distortion modelling”. ISCM Executive Office (2000), ISCM organization plan for the introduction of the GDA in Australia.
6. “Incidence de la nouvelle mensuration nationale 95 sur la mensuration officielle”. Rapport final. Amman R., Carosio A., Dupraz H, Ulrich W., Vogel B. Octobre 1995. Direction Fédérale des mensurations cadastrales, Office Fédéral de topographie. Suisse.
7. “Map projections for Europe“. A. Annoni, C. Luzet, E. Gubler, J. Ihde et al. 2003. EC- JRC – Eurogeographics. European Communities.
8. “Plan Nacional de Ortofotografía Aérea”. IGN, VIII Congreso de Topografía y Cartografía TOPCART 2004, Madrid, 19 al 22 de octubre.
9. “Transformation de données raster avec des éléments finits“. S. Nebiker, B. Sievers, S. Bleisch, 14 mai 2002. FHBB Ecole d’ingénieurs des deux Bâle. Département de mensuration et de géomatique. Suisse.
10. “GDAit (GDA94 InTerpolation). Software Documentation “. Mitchell, D.J., Collier P.A.(2000), Department of Geomatics, University of Melbourne.
11. “Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones”. M.A. Felicísimo. Ediciones Pentalfa, 1994. ISBN 8478484752 .
12. “NTv2 –Government of Ontario, Information and Technology Standars”. June 2005.
13. “Cartografía básica y cartografía derivada. Cartografía Temática”. Ley 7/1986, de 24 de enero, de ordenación de la cartografía. Boe de 29 de enero de 1986.
14. “La cartografía temática: la interpretación frente a la métrica”. José Ojeda Zújar. Boletín de la Asociación de Geógrafos profesionales. Número 5 . Diciembre 1999.
15. Iniciativa de Metadatos Dublín Core: <http://es.dublincore.org/index.shtml> , Junio 2006.
16. Geography Network. Iniciativa de servidores de catalogo dirigida por ESRI. <http://www.geographynetwork.com/> , Junio 2006.
17. Modelo de Nomenclátor de España v1, Consejo Superior Geográfico. En fase de borrador, Mayo 2006. http://www.idee.es/resources/recomendacionesCSG/Propuesta_MNE_v1.0.pdf
18. Editor de Metadatos para el NEM en ArcGIS. <http://www.esri-es.com/index.asp?pagina=440>
19. Página web del Centro de recepción, proceso, archivo y distribución de imágenes de observación de la Tierra (CREPAD), INTA, Ministerio de Defensa, Junio 2.006: <http://www.crepad.rcanaria.es/es/index.html>
20. Página web del Open Geospatial Consotium, Junio 2006: www.opengeospatial.org/
21. EPSG GEODETIC PARAMETER DATASET v 6.10.1, International Association of Oil & Gas Producers, Junio 2006: <http://www.epsg.org/>
22. Infraestructura de datos espaciales española: www.idee.es
23. 01-009_OpenGIS Implementation Specification Coordinate Transformation Services Revision1.00-001.pdf., Septiembre 2006: <http://www.opengeoespatial.org/specs/> .
24. Interoperable Coordinate Transformation and Identification of Coordinate Systems. The abstract model of coordinate transformation. Noviembre2006: <http://www.ncgia.ucsb.edu/globalgrids/papers/specht.pdf>