

GESTIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE GRANDES MAPAS DE RUIDO

PACS: 43.50 Rq.

Shilton, Simon¹; Jones, Nigel²; Hepworth, Peter³; Stimac, Alan⁴; Ausejo, Miguel⁵

¹ Acustica, Trident One, Styal Road, Manchester, M22 5XB, UK. simon.shilton@acustica.co.uk

² Extrium Ltd, Calverley House, 55 Calverley Road, Tunbridge Wells, Kent, TN1 2TU, UK.

nigel.jones@extrium.co.uk

³ Hepworth Acoustics, 21 Little Peter Street, Manchester, M15 4PS, UK.

peter.hepworth@hepworth-acoustics.co.uk

⁴ DARH 2, Ljubicin prolaz 3, HR-10 430 Samobor, Croatia. alan@DARH2.hr

⁵ Consultor acústico. Madrid, España. m.ausejo@noiseconsultant.es

ABSTRACT

In order to reduce the variation within their Member States, for the second round of mapping under EC Directive 2002/49/EC, a number of national authorities determined to undertake a single project approach to deliver all the strategic noise maps required within the country. The English government let a contract for all road and railway mapping to be carried out by a single project team. This created the world's largest noise mapping project which needed an extended multidisciplinary team of experts in order to ensure successful delivery. The implementation of a quality assurance system, maintaining consistency between consultants, setting procedures and establishing input datasets, was then imperative. This paper presents collective experience of the implementation of the quality assurance procedures used during the successful completion of the noise mapping project for England.

RESUMEN

Con el fin de reducir la variación y disparidad de resultados dentro de un mismo país durante la elaboración de la segunda ronda de mapas cumpliendo la Directiva 2002/49/CE, una serie de autoridades nacionales ha decidido emprender un enfoque de proyecto único para entregar todos los mapas estratégicos de ruido requeridos en el país. El gobierno Inglés estableció un único proyecto para todas las carreteras y vías ferroviarias del país para ser realizado por un solo equipo. Esto creó el mayor proyecto de mapa de ruido del mundo, lo que necesitó un equipo multidisciplinar de expertos para llevarlo a cabo con éxito. La implementación de un sistema de Control de Calidad (CC) manteniendo la coherencia entre los consultores, estableciendo procedimientos y bases de datos de entrada adecuadas, es imprescindible. En este trabajo se presenta la experiencia de la aplicación de los procedimientos de CC utilizados en la realización exitosa del proyecto del mapa de ruido de Inglaterra.

1. INTRODUCCIÓN

Siguiendo la Directiva Europea 2002/49/EC (END) [1], actualmente nos encontramos en la segunda fase (R2) del proceso para realizar mapas estratégicos de ruido (MER) y planes de acción. Esta R2 es mucho más extensa que la primera fase (R1) ya que los umbrales para incluir aglomeraciones, estructuras viarias y ferroviarias se han reducido significativamente. Por ejemplo, el número de aglomeraciones en Inglaterra pasó de 23 en la R1 a 65 en la R2.

Tanto las lecciones aprendidas en la R1 [2] como las aportaciones del Grupo de Trabajo para establecer un método de evaluación común, CNOSSOS-EU [3], han influido en la manera de afrontar la R2, centrándose en la consistencia y la comparación de los mapas entre diferentes Estados Miembro. Por norma general, en la R1 fueron las autoridades municipales las responsables de los mapas de aglomeraciones; los operadores de aeropuertos los responsables de los mapas de los mismos y los gestores de las carreteras y ferrocarriles, los encargados de hacer sus mapas. Esto supuso gran disparidad de resultados y duplicidad de esfuerzo y coste.

Para realizar los mapas de ruido de Inglaterra, se ha utilizado un enfoque diferente, donde se ha designado un único responsable para realizar los mapas de ruido de aglomeraciones, carreteras y ferrocarriles. Este método implica muchos beneficios potenciales, como un mayor grado de consistencia, reducción de gastos de gestión, de costes y recursos. Los riesgos potenciales podrían ser la falta de datos locales y un proyecto demasiado grande, lo que podría implicar simplificaciones para reducir la cantidad de trabajo.

Para la R2, Inglaterra realizó los MER bajo un único proyecto, contando con un equipo multidisciplinar de expertos con experiencia en acústica, mapas de ruido, SIG, gestión de proyectos y CC. La experiencia de este equipo en la realización de MER durante la R1 y la R2 se traduce en el desarrollo de un proceso de CC que se ha aplicado en todas las fases del proyecto, dando consistencia a un equipo formado por expertos de diferentes organizaciones dispersas geográficamente. Estos procedimientos han permitido la entrega de los MER dentro de un ambiente controlado, estableciendo controles con capacidad de revisar la adquisición de datos de entrada, datos intermedios y entregables.

2. RESUMEN DEL PROCESO DE LA REALIZACIÓN DE UN MER

No se puede establecer una garantía de calidad de un MER sin antes comprender plenamente el proceso completo. Un proyecto de un MER se puede describir mediante las etapas mostradas en la Figura 1. Cada una de estas etapas incluye muchas decisiones, que pueden resolverse de diferente manera, lo cual puede tener un gran impacto en dos aspectos claves del MER: (1) la incertidumbre de los niveles de ruido y (2) un aumento del presupuesto del proyecto. El rango de posibles “soluciones” y el grado en el que se tratan el coste y la incertidumbre pueden explicar por qué hay tanta variación en las cifras publicadas en la realización de MER, que van desde 0,2 € hasta 2,0 € por habitante. Desde un punto de vista técnico, el presupuesto de un proyecto se puede ver fuertemente influido por decisiones relacionadas con:

- Definición y adquisición de los datos de entrada;
- Conversión y procesado de datos;
- Estrategias de simplificación para agilizar los cálculos [4] y
- Gestión de la incertidumbre de los resultados. [5, 6, 7].

Al igual que en otros procedimientos de garantía de calidad, el procedimiento desarrollado de CC del MER debía cubrir cada una de las etapas y equilibrar la necesidad de seguimiento de información, trazabilidad y gestión de informes con la minimización de documentación; es decir, un equilibrio entre usabilidad y control. También era importante que el proceso fuera flexible y suficientemente amplio como para ser efectivo en un proyecto con un equipo multidisciplinar.

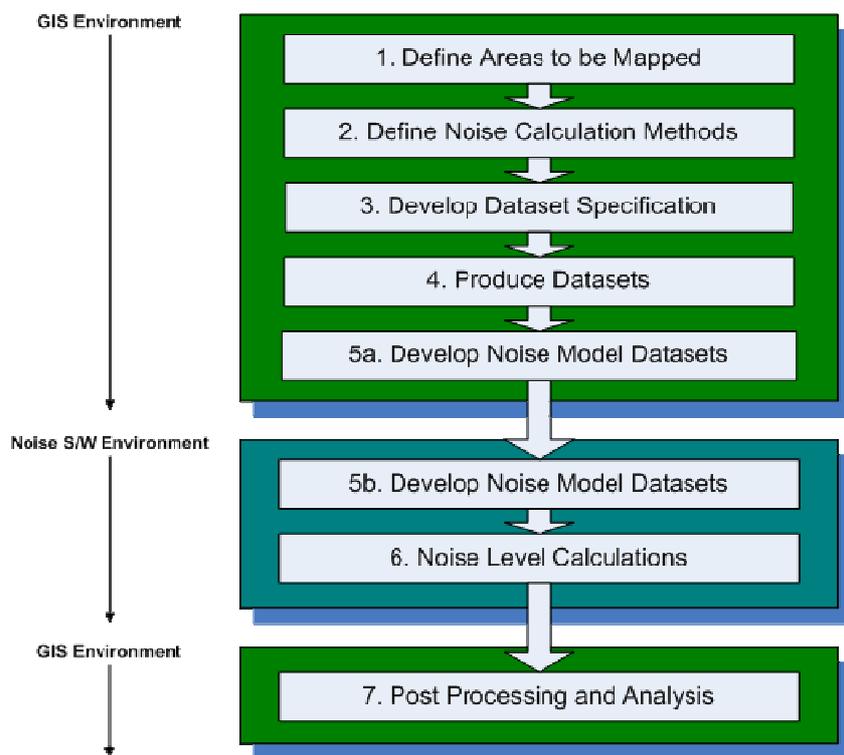


Figura 1: Resumen del proceso de la realización de un MER [8]

3. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD

El procedimiento de CC fue diseñado en el contexto de un proceso de gestión de datos electrónicos, que funciona con conjuntos de datos iniciales, intermedios y finales. Fue diseñado de modo que se basara en trabajo remoto, acceso web/VPN y colaboración entre diferentes oficinas proporcionando a cada miembro del equipo con acceso a los datos con los que trabaja en cada etapa del proceso.

3.1 Etapa 1 – Áreas a incluir en el mapa

La principal tarea de la Etapa 1 era asegurar que las áreas que se iban a incluir en el mapa estuvieran completamente definidas y que los datos suministrados cubrieran toda la zona bajo estudio y tuvieran el contenido adecuado. En la mayoría de casos, se definieron las áreas basándose en el *Toolkit 1* de la GPG v2 [9]. Con los límites de las aglomeraciones claramente definidos y los ejes de los principales ejes viarios y ferroviarios identificados, se establecieron las áreas creando un *buffer* que asegurara que los niveles de ruido calculados incluyen todos los efectos relevantes. Este *buffer* tenía una distancia de entre 700 metros y 3 km, en función de la fuente de ruido y los flujos de tráfico. El CC estableció dicho criterio, en lugar de *buffers* fijos con el fin de proporcionar flexibilidad a cada área independiente. Una vez se establecieron las áreas de cálculo y los *buffers* de las áreas extendidas, se fijaron las máscaras de captura de datos. En el caso del MER de Inglaterra, la extensión del modelo fue de 79.000 km², lo que es aproximadamente el 59 % de la superficie total de Inglaterra.

3.2 Etapa 2 – Métodos de cálculo de ruido

La Directiva Europea (END) presenta dos opciones: (1) métodos de cálculo nacionales o (2) métodos *interinos*. En esta etapa son clave varios aspectos:

- Alguna legislación nacional ofrece la opción de elegir los métodos nacionales o los *interinos*, por lo que se debe seleccionar una de las opciones.
- Los métodos *interinos* deben ser adaptados [10].
- Muchos métodos nacionales también requieren una adaptación.

Por lo tanto, la tarea de seleccionar el método de cálculo y las posibles adaptaciones es crucial y esto determina los requisitos para el diseño del esquema de datos y la lista de datos de entrada.

3.3 Etapa 3 – Especificaciones de los datos

Los requisitos específicos de los datos de entrada varían en función del método de cálculo utilizado, el programa utilizado, la resolución de los datos e incluso el sistema de proyección utilizado. Estos detalles hacen que sea imprescindible establecer un esquema de especificaciones de datos para cada proyecto. El procedimiento de CC establece los medios por los que los conjuntos de datos de entrada son revisados y se comprobará y cuantificará cómo afecta a los resultados de nivel de ruido cualquier procesado de los datos de entrada. Este método proporciona flexibilidad en función de la disponibilidad de los datos locales existentes asegurando un procedimiento establecido en situaciones similares.

En esta Etapa es prioritario establecer el software de simulación que se empleará en la Etapa 6, ya que las especificaciones de los datos se establecerán según los requisitos del programa y asegurando una correcta migración de datos al programa SIG.

3.4 Etapa 4 – Producción de los conjuntos de datos

En esta Etapa se obtienen los datos SIG sin procesar, se cotejan y se catalogan, cumpliendo las especificaciones establecidas en la Etapa 3. Dada la gran variedad de datos implicados en la realización de un MER, esta tarea se suele realizar por terceras partes. La cartografía de terreno necesaria para crear el modelo de ruido se suele obtener del Estado y de las autoridades encargadas de hacer mapas convencionales. Sin embargo, estos datos generalmente requieren ser procesados para los objetivos del MER. Los datos relativos a las fuentes de ruido, suelen proporcionarse por agencias estatales, compañías privadas o consultores privados de tráfico. Al igual que con la cartografía, dichos datos necesitan ser adaptados a las necesidades de los modelos de cálculo y los programas de simulación. Esta adaptación requiere trazabilidad y repetitividad. Para finalizar la adquisición de los datos, se deben tomar decisiones ante la falta de datos concretos; para ello se han seguido varias de las aportaciones presentes en la GPGv2, teniendo en cuenta la colaboración entre los expertos en ruido y los expertos en SIG (necesarios en la recopilación de datos para este proyecto).

3.5 Etapa 5 – Conjunto de datos del modelo de ruido

En esta Etapa se transfieren los datos al programa de simulación acústica, realizando una serie de comprobaciones en la importación para asegurarse que el conjunto de datos es correcto. Se estableció un procedimiento de CC para cada paso en la importación de cada capa durante la creación del modelo de ruido. Este procedimiento asegura consistencia entre cada miembro del equipo y entre cada área del proyecto. El MER de Inglaterra se dividió en 92 áreas geográficas diferentes.

Una vez que el equipo de SIG produjo los datos (Etapa 4), se creó un registro en el que se controla cada paso en el procesado de los datos de entrada. Esto proporciona una visión clara del estado del proyecto y ayuda a identificar riesgos, retrasos o dudas que se planteen en los diferentes pasos del procesado de datos. Toda la documentación relativa al registro del procesado de datos, se almacenó online en un servidor mediante una herramienta de gestión de proyectos con seguimiento por parte de los miembros del equipo y el cliente.

3.5.1 Comprobaciones de los datos de entrada

Una vez obtenidos los conjuntos de datos SIG, el equipo encargado de realizar los cálculos de ruido, llevó a cabo comprobaciones iniciales, teniendo en cuenta:

- **Conformidad:** si los datos cumplían las especificaciones establecidas.
- **Cobertura:** si los datos cubrían la extensión del proyecto.
- **Contenido:** si los datos tenían atributos correctos.

Todas las comprobaciones se documentaron para asegurar consistencia entre los miembros del equipo y las diferentes áreas. Cualquier anomalía se detectó en esta etapa y se resolvió antes de pasar a etapas sucesivas.

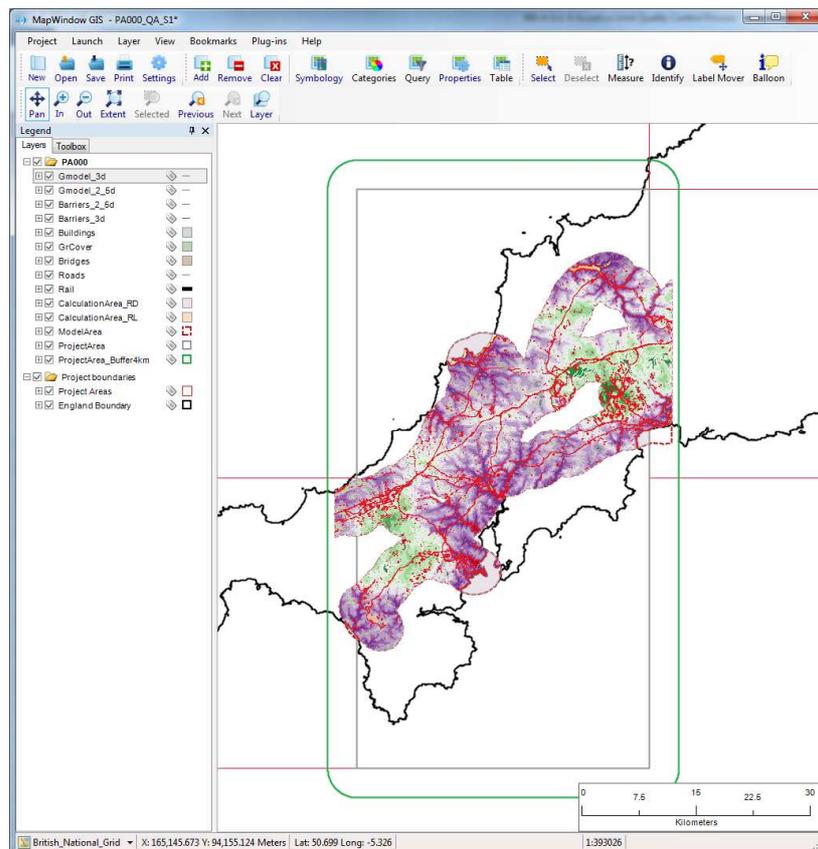


Figura 2: Ejemplo de la revisión del modelo inicial de datos.

3.5.2 Comprobaciones de la conversión de datos

Los conjuntos de datos SIG se convertían al formato de archivos utilizados por el programa de simulación de ruido. Se comprobó cada conversión, seguido de un chequeo adicional de los objetos llevado a cabo por el programa de simulación. Estas comprobaciones son fruto de más de 7 años de experiencia, realizando los MER durante las R1 y R2. Se comprobó capa a capa y después se comprobó el modelo acústico 3D para ver la correcta interacción entre capas (puentes, carreteras, vías de tren, edificios, terraplenes, colinas, etc.).

Cada capa de datos se catalogó en una hoja de cálculo, identificando cada anomalía en un documento independiente por cada área de proyecto. Estos documentos también se alojaron en un servidor al que tenían acceso los miembros del equipo de SIG y los de cálculo de ruido. La resolución de cada anomalía fue discutida y documentada, proporcionando un nuevo conjunto de datos actualizado cuando así fue requerido.

A lo largo de las 92 áreas de cálculo del MER de Inglaterra, se generaron más de 1.200 capas de datos SIG que fueron revisadas y comprobadas una por una antes de los cálculos de ruido.

3.6 Etapa 6 – Cálculo de niveles de ruido

3.6.1 Configuraciones de cálculo

En esta Etapa se configuró y se chequeó el programa de simulación y se establecieron los parámetros de cálculo.

En proyectos de gran envergadura es necesario chequear la capacidad de cálculo y asegurar la cobertura total de proyecto para cumplir los plazos de entrega establecidos. En este proyecto se utilizaron 10 servidores con 40 CPUs. Se instaló el programa en cada máquina, chequeando una serie de modelos de prueba para asegurarse del correcto funcionamiento y configuración de cada equipo.

Se utilizó una de las áreas del proyecto como prueba de cálculo para unas cuantas sub-áreas de 1 x 1 km. Se utilizaron las configuraciones más precisas sin ninguna técnica de aceleración. A continuación se realizaron una serie de pruebas sobre las mismas sub-áreas modificando diferentes parámetros de configuración, como el radio de búsqueda de fuentes, radio para reflexiones, margen de error dinámico, propagación simplificada, etc. Se analizaron estadísticamente los resultados de cada prueba, comparándolos con los de la configuración inicial para poder determinar una relación coste/beneficio. El coste sería la incertidumbre añadida a los resultados y el beneficio sería la reducción del tiempo de cálculo.

Se utilizaron las mejores configuraciones (menor incertidumbre para mayor reducción de tiempo de cálculo), para la realización de los cálculos finales. Para los proyectos llevados a cabo en las R1 y R2, comparándolos con la configuración inicial, se introdujo una incertidumbre de 0,5 dB(A) con un intervalo de confianza del 95 %, reduciendo el tiempo de cálculo entre un 75 y un 95 %.

El proceso es similar al descrito en la norma DIN 45687 [11], mediante el cual la mayoría de programas de simulación proporciona una herramienta de evaluación de la incertidumbre. Sin embargo, el proceso utilizado es más robusto ya que el análisis estadístico se lleva a cabo teniendo en cuenta todos los puntos de la rejilla en, al menos, 1 km² de área de cálculo, en lugar de una muestra de 20 puntos aleatorios como se describe en la norma DIN.

3.6.2 Cálculos en sub-áreas (*tiles*)

Antes de confirmar los cálculos finales, se realiza un cálculo preliminar. De esta manera se realiza una simulación del área completa como un único trabajo, usando una rejilla de 100 m. Esto proporciona una prueba completa de que todo el modelo es correcto, no contiene ningún error y además se realiza en un 1 % del total de la simulación, siendo un dato útil para estimar el tiempo total de cálculo de cada área. Una vez pasadas todas las pruebas y comprobando que los resultados de la rejilla de 100 m son plausibles, se prepara cada área en sub-áreas (*tiles*).

En la mayoría de grandes proyectos de MER, se prefieren los modos de cálculo en sub-áreas (*tiles*), como se observa en la Figura 3. Esto se debe a diferentes factores: el tamaño del modelo acústico; la extensión del área del proyecto; la arquitectura del programa y la distribución del cálculo entre varios ordenadores. Los cálculos se realizan habitualmente en sub-áreas de 1 x 1 km, las cuales se cargan con los datos de las áreas de alrededor (áreas del *buffer*).

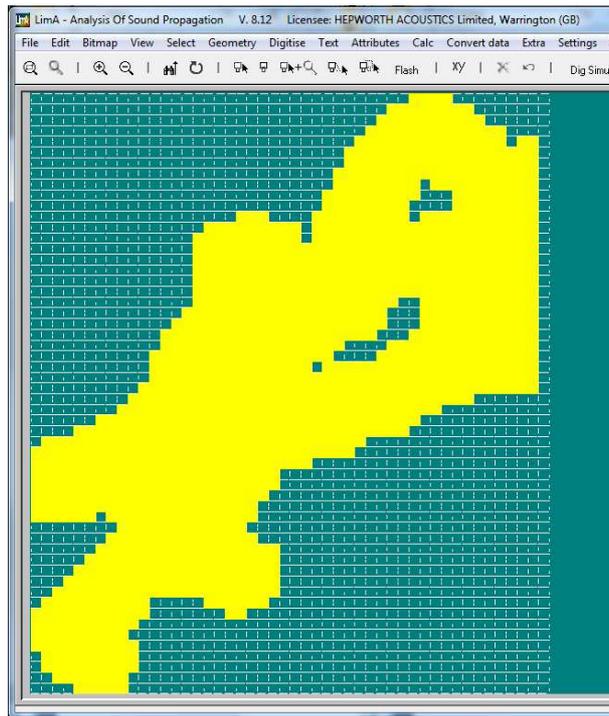


Figura 4: Ejemplo de cálculo en sub-áreas.

El software es capaz de generar las sub-áreas de forma automática en la extensión del proyecto y cada sub-área se procesa como un trabajo individual de manera que se pueden llevar a cabo 40 trabajos de forma paralela. En cada cálculo se generaron todos los indicadores de ruido necesarios para cumplir la normativa. En el caso concreto de Inglaterra, éstos fueron: L_{day} , L_{eve} , L_{night} , L_{den} , $L_{A10, 18hr}$ y $L_{Aeq, 16hr}$.

Cuando se han procesado todas las sub-áreas de un área se confirma que no ha habido ningún error, antes de combinar todos los resultados en una única área de proyecto y exportarlo a formato SIG. Los resultados finales se entregan tanto como puntos *ESRI Shapefile* o *ARC/INFO ASC Grid files*.

Para los cálculos del MER de Inglaterra, se realizaron más de 93.000 km² de cálculos de ruido para carreteras y más de 23.000 km² para ferrocarriles, con más de 350 millones de puntos de receptores.

3.7 Etapa 7 – Post-procesado y Análisis

Para completar la evaluación de los niveles de ruido, los resultados se revisan de forma que sean plausibles según lo esperado. Se presta especial atención a los resultados en los límites de las sub-áreas y de las áreas del proyecto.

El análisis del área, viviendas y población expuesta a cada franja de nivel de ruido basado en los resultados del MER se lleva a cabo en un sistema SIG o, en ocasiones, en el propio programa de simulación. En cualquier caso, es crucial determinar una correcta distribución de habitantes en los edificios. Por lo tanto, es necesario definir correctamente la atribución de edificios en las especificaciones de los datos y prestar especial atención a las áreas urbanas mixtas, en las que la ocupación residencial generalmente comienza a partir del nivel de calle. Dependiendo de la naturaleza y el formato de la información sobre la población y la complejidad del terreno construido, será necesario recurrir a un experto en SIG con experiencia en evaluación demográfica para asegurar que la evaluación de población expuesta se ha realizado de manera robusta.

A lo largo de la R1 se han empleado diversos métodos para evaluar la cantidad de población expuesta al ruido [3, 12], por ejemplo: evaluación basándose en el receptor puntual asignado a la fachada más cercana; interpolando entre receptores puntuales y receptores en las fachadas de los edificios y otros se basaron en receptores en las fachadas calculados a partir de los receptores puntuales.

El reciente trabajo de CNOSSOS-EU [3] ha propuesto un método más consistente para usarse en el futuro, aunque en la R2 se han seguido empleando diferentes métodos en toda Europa.

4. CONCLUSIÓN

Esta comunicación describe el proceso de la creación de un MER mediante la implementación de un procedimiento de CC incluyendo varios protocolos de garantía de calidad para gestionar aspectos específicos del proceso. Este procedimiento se basa en abordar el proyecto en Etapas y promueve el trabajo en equipos multidisciplinares y de distintas instituciones/empresas. La metodología descrita ha sido empleada con éxito en varios proyectos de MER en las R1 y R2, además de EIA y ha generado mapas eficientes en plazos muy ajustados.

Las decisiones clave en la realización del proyecto y los indicadores de calidad proporcionan a las autoridades contratantes medios de gestión en grandes proyectos de MER y proporcionan, además, una serie de criterios para comparar diferentes consultores.

REFERENCIAS

- [1] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities, (OJ L 189,18.07.2002, p12), 2002.
- [2] "Noise Mapping in the EU Models and Procedures", Edited by Gaetano Licitra, CRC Press, 2013. (ISBN 978-0-415-58509-5).
- [3] "Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)", Joint Research Centre of the European Commission, 2012. (ISBN 978-92-79-25282-2).
- [4] Hepworth, P., Trow, J. and Hii, V. "Reference settings in noise mapping software – the effects on calculation speed and accuracy", Proceedings of EuroNoise 2006, Tampere, Finland.
- [5] "WG-AEN's Good Practice Guide and the implications for acoustic accuracy", NANR 93, Defra, May 2005.
- [6] "Noise modelling", NANR 208, Defra, May 2007.
<http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/noise/research/nanr208/> [Accessed May 2013]
- [7] Ausejo, M.; Recuero, M.; Asensio, C.; Pavón, I. Reduction in calculated uncertainty of a noise map by improving the traffic model data through two phases. Acta Acustica United with Acustica, Vol. 97 (2011), 761-768.
- [8] Environmental Protection Agency, Ireland, "Guidance Note for Strategic Noise Mapping", Version 2, August 2011.
- [9] European Working Group – Assessment of Exposure to Noise, "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure", Version 2, January 2006.
- [10] AR-INTERIM-CM, Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping, B4-040/2001/329750/MAR/C1, 2003.
- [11] DIN 45687 "Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschimmission im Freien - Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen".
- [12] Licitra, G.; Ascari, E.; Brambilla, G. Comparative Analysis of Methods to Estimate Urban Noise Exposure of Inhabitants. Acta Acustica united with Acustica, Vol. 98, (2012), 659-666.