



## **REVISIÓN DEL MÉTODO HOLANDÉS DE CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE TRENES PARA SU APLICACIÓN EN LA DIRECTIVA 2002/49/CE SOBRE EVALUACIÓN Y GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL**

PACS: 43.50.Lj

Nagore Tellado; José Luis Eguiguren; Itziar Aspuru  
Centro Tecnológico LABEIN  
Cuesta de Olabeaga nº 16  
48013 Bilbao  
Tel: 34 944 892 400  
Fax: 34 944 892 460  
E-mail: [ntellado@labein.es](mailto:ntellado@labein.es); [eguiguren@labein.es](mailto:eguiguren@labein.es)

### **ABSTRACT**

Currently in Europe there are countries with their own official Train Emission Method and others that don't have any. Because of this, a big effort is being accomplished on the HARMONOISE European project to define an armonized methodology, valid for all European Countries, to carry out the acoustic characterisation of trains. Meanwhile, the European Directive 2002/49/CE has recommended the Dutch SRMII-1996 method for the assessment of trains noise in the countries that don't have their own official method. The Dutch method has been adapted in order to be fit for use in all the European countries.

### **RESUMEN**

En la actualidad hay países Europeos que cuentan con su propio modelo de emisión de trenes, sin embargo, otros como España no cuentan con un método oficial propio, por lo que hasta la fecha los estudios sobre ruido de trenes se han realizado justificando el uso de diferentes métodos oficiales de otros países.

Se están realizando grandes esfuerzos para definir un método armonizado de caracterización acústica de trenes (dentro del proyecto Europeo HARMONOISE) válido para todos los países Europeos, pero mientras continua la investigación, la Directiva 2002/49/CE ha recomendado el método Holandés SRM II del 96 como método interino del modelo de emisión de trenes. El método Holandés está en línea con las investigaciones que se están llevando a cabo en el Harmonoise, por lo que el futuro método armonizado no va a distar mucho del interino SRM II.

### **MÉTODO HOLANDÉS SRMII DE CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE TRENES**

El método de emisión sonora de trenes recomendado en la Directiva 2002/49/Cees el método Holandés SRMII del 96 sin embargo, la metodología de medida para la caracterización de la emisión acústica, se ha tomado el método descrito en el SRM II del 2002. Este método ha sido adaptado en el proyecto Europeo AR-INTERIM-CM para que sea aplicable en todos los países Europeos.

El método SRM II del 2002 describe 3 procedimientos de caracterización. Los dos primeros denominados procedimientos A y B, caracterizan la emisión del tren. El procedimiento C caracteriza el tipo de vía.

A continuación se describen brevemente los 3 procedimientos de medida del método:

El procedimiento A: es un método simplificado de caracterización acústica de trenes que consiste en asignar al tren a caracterizar la emisión de uno de los tipos de trenes de la base de datos existente. El método Holandés tiene una base de datos donde están caracterizadas la emisión de 9 categorías de tren.

El procedimiento consiste en realizar unas medidas de nivel de presión sonora al paso del tren en bandas de octava y compararlas con el espectro obtenido al aplicar el modelo de propagación Holandés en la misma situación de las medidas, para los diferentes trenes de la base de datos. Se le asignará la emisión del tren que tenga un espectro más parecido y niveles más altos en todas las bandas de octava.

Puesto que la emisión sonora de los trenes de la base de datos están referidos al nivel de rugosidad medio de las líneas Holandesas, es necesario realizar un control de la rugosidad del carril en el que se realizan las medidas de nivel sonoro con el fin de aplicar la corrección correspondiente si fuese necesario.

El procedimiento B: es el método de caracterización extendido que sirve para añadir una categoría de tren más a la base de datos existente. Está en línea con las investigaciones Europeas que se están desarrollando ya que separa la emisión en los distintos focos de ruido existentes en un tren, en cinco diferentes alturas, de forma que permite diferenciar la procedencia del ruido emitido por el tren.

El procedimiento C: Al igual que existe una base de datos de emisión de trenes, existe una base de datos donde se recoge la contribución a la emisión de los distintos tipos de vías. El procedimiento C consiste en la descripción de la metodología que hay que llevar a cabo para añadir la contribución de nuevos tipos de vías a esta base de datos.

#### Procedimiento B: caracterización de la emisión de un tren

El procedimiento de medida B permite separar el ruido del tren en los distintos focos de ruido que lo componen: ruido de tracción (incluye el ruido de los equipos auxiliares), de rodadura (diferenciando el ruido emitido por el carril y el emitido por la rueda), aerodinámico y de frenado.

Cada uno de estos focos puede estar asignado a distintas alturas en función del tipo de tren.

- Ruido de tracción: 0.5 m, 2 m y 4 metros sobre el carril
- Ruido de rodadura: 0 metros y 0.5 metros sobre el carril
- Ruido aerodinámico: 0.5 m, 2 m, 4 m y 5 metros sobre el carril
- Ruido de frenado: 0,5 metros sobre el carril.

La caracterización de estos distintos focos se lleva a cabo por separado, cada uno en un rango de velocidades establecido. Tras la caracterización, se suma la contribución de cada uno de ellos en las distintas alturas en las que están presentes. El resultado es un nivel de emisión en bandas de octava en función del logaritmo de la velocidad y distribuido en alturas.

De modo general, la aplicación del método de caracterización para el ruido de tracción, aerodinámico y de frenado implica la realización de los siguientes tipos de medidas:

- Medidas de niveles sonoros.
- Velocidad de paso del tren

Para la medida del ruido de rodadura, además de las medidas anteriores es necesario realizar las siguientes:

- Medidas de vibración del carril y la traviesa al paso del tren a caracterizar y del tren de

referencia silencioso (tren cuya composición estructural: altura, peso y dimensión de ruedas, faldones, etc. implica una aportación al nivel sonoro medido al menos 10 dB menor que el de la vía)

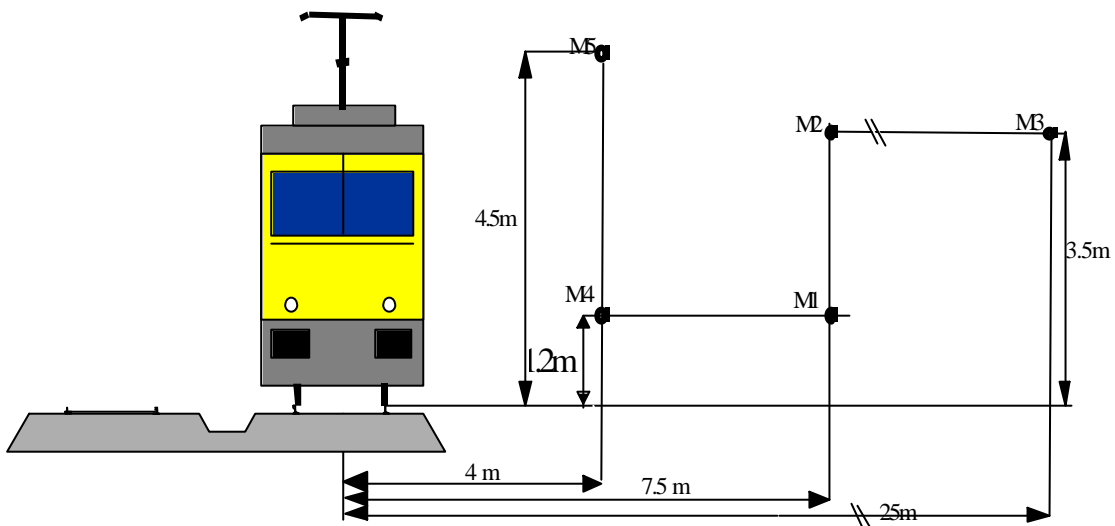
- Medidas de rugosidad de la vía.
- Medidas de rugosidad de la rueda.

Con ellas es posible determinar las funciones de respuesta de vehículo y vía, necesarias para completar el proceso de separación de la radiación sonora del vehículo y vía. A continuación se muestran estas funciones refiriéndose tr (track) a la vía y veh al vehículo:

$$L_{Hpr, tr}(f) = L_{p, tr}(f) - L_{rtot}(f)$$

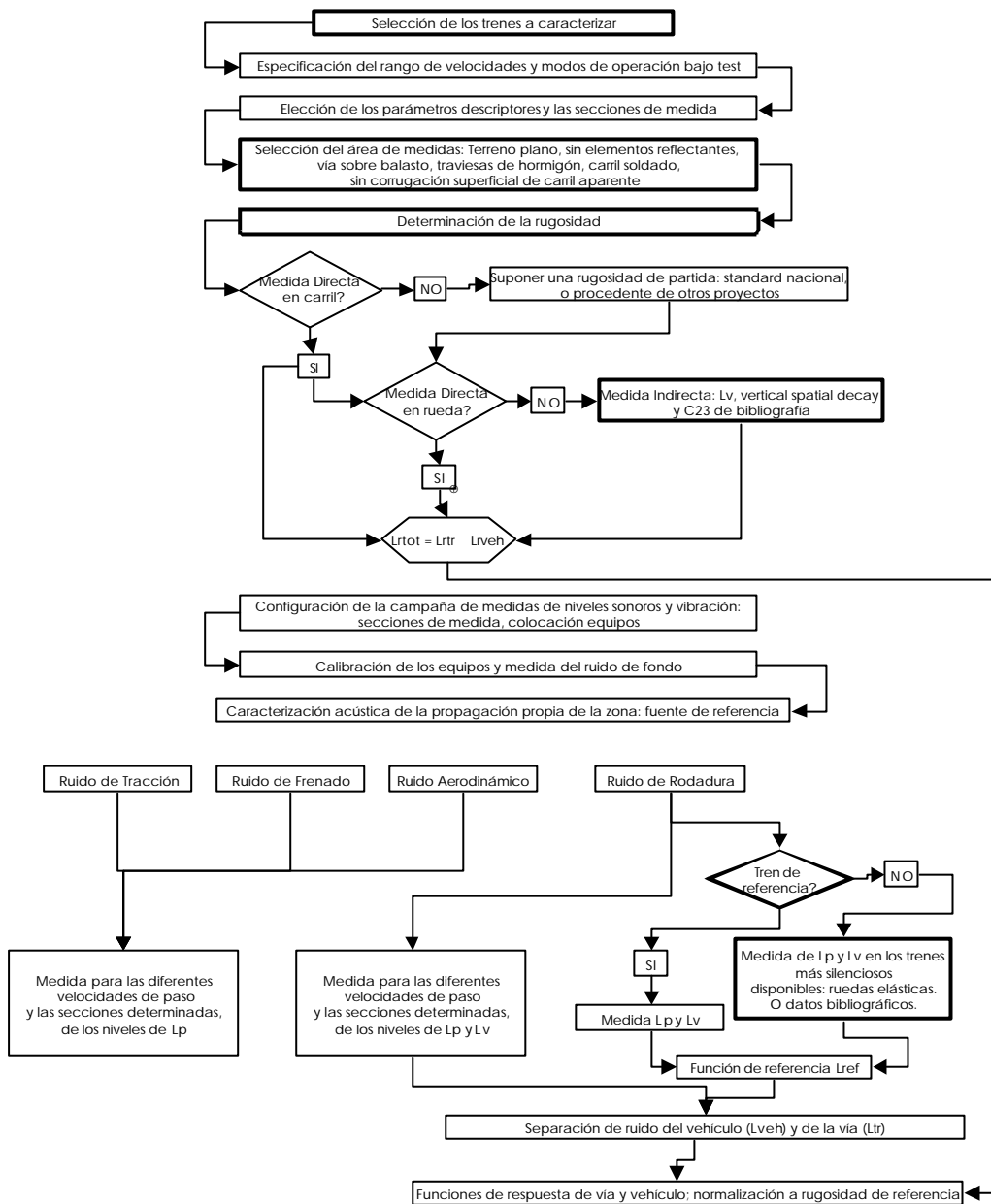
$$L_{Hpr, veh}(f) = L_{p, veh}(f) - L_{rtot}(f)$$

Para las medidas de niveles de presión sonora y de vibración se define una distribución de micrófonos y acelerómetros múltiple en función del foco que se esté caracterizando. En general para todos los focos es necesario realizar medidas de nivel de presión sonora a 7.5 metros del eje de la vía. Las medidas a 4 metros de distancia del centro de la vía se realizan para calcular la distribución en alturas de focos localizados por encima de 0,5 metros.



Todas las medidas se deben realizar en un tipo de vía específico, en condiciones de campo libre. Las condiciones de los vehículos y las condiciones meteorológicas también están concretamente especificadas en el método.

A continuación se muestra un esquema en el que se describen los pasos que hay que seguir para llevar a cabo la caracterización:



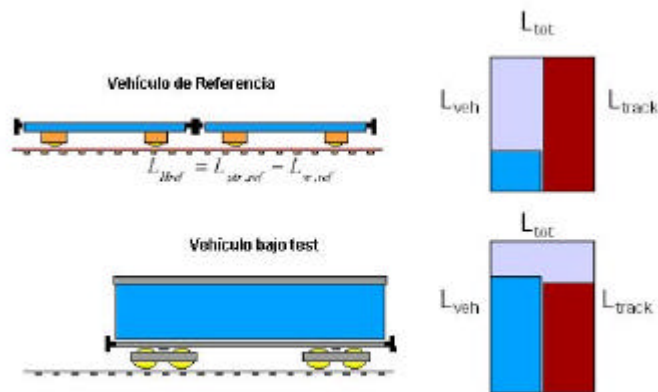
Además de las dificultades lógicas derivadas de la disponibilidad de los trenes para su caracterización, y de la localización de las condiciones adecuadas de vía y su entorno, los puntos críticos a la hora de poner en práctica este método en España son:

- La medida de rugosidad del carril y de la rueda dado que se requiere de un equipamiento específico con el adecuado nivel de precisión, del que existen pocas unidades a nivel mundial (ver imagen a continuación). De no contar con este equipo sería necesario recurrir a procedimientos de medida indirectos (basados en la medida de niveles de vibración en carril y la obtención de determinados parámetros como el “vertical spatial decay” que caracteriza la respuesta dinámica de la vía) combinados con información bibliográfica.



- Proceso de separación del ruido procedente del vehículo y vía, para lo que se depende de la disponibilidad y montaje de un convoy con las unidades que conformen un tren de referencia silencioso. De no disponer de él será necesario utilizar datos bibliográficos o contar con el tren más silencioso posible.

En el siguiente esquema se muestra el proceso mediante el empleo del tren de referencia por el que se obtiene la función de respuesta de vibración de la vía con el que se consigue realizar la separación de contribución de vehículo y vía al ruido de rodadura



Los inconvenientes que se encuentran en la aplicación del método SRMII, son similares a los que se encontrarán en el futuro método armonizado, por lo que la paulatina resolución de éstos, nos llevará a encontrarnos en una posición más avanzada a la hora de aplicar el método armonizado.

## VALIDACIÓN DEL MÉTODO

En la actualidad el Centro Tecnológico LABEIN se encuentra realizando un proyecto de investigación enmarcado dentro del programa de ayudas a la investigación 2002 en el área de transporte del Ministerio de Fomento cuyo objetivo es analizar la viabilidad de aplicar el método Holandés de caracterización acústica de trenes SRMII, en los ferrocarriles Españoles.

## CONCLUSIONES

La aplicación del método Holandés de caracterización acústica de trenes introduce una serie de ventajas basadas principalmente en la separación efectiva de las fuentes de ruido, la cual permite cuantificar de forma independiente el ruido radiado por la vía y por el vehículo.

El disponer de una clasificación de vehículos y vías relacionada con su comportamiento acústico específico, no sólo simplifica de forma sustancial la realización de estudios de impacto acústico de líneas de ferrocarril existentes y en proyecto, sino que puede ser determinante a la hora de distribuir las responsabilidades entre las entidades encargadas del mantenimiento de las infraestructuras y los operadores de las líneas.

La aplicación del procedimiento B del método Holandés (modo de caracterización para nuevos vehículos) presenta un alto grado de exigencia respecto a los medios materiales y conocimientos técnicos empleados. Por lo tanto se plantea una disyuntiva a la hora del cumplimiento de la Directiva de Gestión del Ruido Ambiental, entre la aplicación del procedimiento A (apoyado en la base de datos de trenes del propio modelo) o la aplicación del procedimiento B en toda su extensión.

Una primera valoración de las necesidades para la aplicación del procedimiento B en el conjunto de la red de ferrocarriles Españoles, parece recomendar cierta cautela a la hora de considerar su uso en los plazos establecidos por la Directiva.

Por lo tanto, sería recomendable mantener una actitud activa en cuanto al desarrollo de una base de datos de la emisión acústica de los trenes Españoles mediante la aplicación del método Holandés, e incluso incorporando las últimas técnicas desarrolladas por proyectos europeos como el STAIRRS o HARMONOISE, pero al mismo tiempo, plantear la utilización del procedimiento A (o equivalente de simplificación) en la primera fase de cumplimiento

## BIBLIOGRAFÍA

AR-INTERIM-CM "Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping" <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/noisedir/library>

pr EN ISO 3095: "railway Applications-Acoustics-Measurement of noise emitted by railway vehicles", CEN/ISO Draft Standard, April, 1999

M.G Dittrich, M-H.A Janssens: Measurement procedures for determining railway noise emission as input to calculation schemes", TNO Institute of Applied Acoustics.

M. Wirnsberger, M.G. Dittrich, J.Lub, G.Pollone, M.Kalivoda, P.v. Buchem, W.Hanreich, P.Fodiman, "Methodologies and Actions for Rail Noise Vibration Control" METARAIL project, December 1999.

STAIRRS Workshop proceedings, Brussels, 2000 ERRI Utrech.