

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA APLICACIÓN DE LA ORDEN PCM/542/2021, DE 31 DE MAYO, POR LA QUE SE MODIFICA EL ANEXO III DEL REAL DECRETO 1513/2005, DE 16 DE DICIEMBRE, POR EL QUE SE DESARROLLA LA LEY 37/2003, DE 17 DE NOVIEMBRE, DEL RUIDO, EN LO REFERENTE A LA EVALUACIÓN Y GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL, EN LA CUARTA FASE DE LA DIRECTIVA DE RUIDO AMBIENTAL.

PACS:

Soto Molina, Ignacio^{1,2}; Arce Ruiz, Rosa²;

1. CEDEX, Madrid, España (ignacio.soto@cedex.es)
2. Centro de Investigación del Transporte, TRANSYT, Universidad Politécnica de Madrid, España

Palabras Clave: OMS, relaciones dosis-efecto, ruido, salud, molestias intensas

ABSTRACT

Directive (EU) 2020/367 modifies Annex III of Directive 2002/49/EC on Environmental Noise in relation to the assessment of noise effects on health, incorporating the dose-effect relations (DER) proposed by the WHO. The new data model for reporting the results of strategic noise maps (SNM) and action plans (AP), applicable from the Fourth Round of END, takes into account these DER. In this technical communication, the requirements for the application of the WHO's DER are analysed, as well as the convenience of considering them from the preparation of the SNM.

RESUMEN.

La Directiva (UE) 2020/367 modifica el Anexo III de la Directiva 2002/49/CE de Ruido Ambiental en lo relativo a la evaluación de los efectos del ruido en la salud, incorporando las relaciones dosis-efecto (RDE) propuestas por la OMS. El nuevo modelo de datos para el reporte de los resultados de mapas estratégicos de ruido (MER) y planes de acción (PAR), aplicable a partir de la Cuarta Fase, recoge dichas RDE. En esta comunicación técnica se analizan los requisitos de la aplicación de las RDE de la OMS, así como la conveniencia de tenerlas en cuenta desde la elaboración de los MER.

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los estudios realizados por la Organización Mundial de Salud (OMS/WHO), el ruido es una fuente de contaminación capaz de alterar la salud de las personas expuestas al mismo, provocando, entre otros efectos, enfermedades del sistema cardiovascular y metabólicas [1], molestias intensas [2], y alteraciones en el sueño [3].

A partir de los estudios realizados por la OMS, y recopilados por ésta de otros organismos de investigación, se han propuesto relaciones dosis-efecto (RDE) que permiten estimar el número de personas afectadas por estas alteraciones. Dichas RDE se han recogido en las "Directrices sobre ruido ambiental para la Región Europea" [4], Directiva (UE) 2020/367¹ de la Comisión de 4 de marzo de 2020 por la que se modifica el anexo III de la Directiva 2002/49/CE, que a su vez se traspone al derecho interno español por la Orden PCM/542/2021², de 31 de mayo, por la que

¹ «DOUE» núm. 67, de 5 de marzo de 2020, páginas 132 a 136 (5 págs.)

² «BOE» núm. 132, de 3 de junio de 2021, páginas 67857 a 67862 (6 págs.)

se modifica el Anexo III del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

En noviembre de 2021 se publica la *Decisión de Ejecución (UE) 2021/1967³ de la Comisión de 11 de noviembre de 2021 por la que se crea un archivo de datos obligatorio y un mecanismo obligatorio de intercambio de información digital de conformidad con la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo*, que establece el esquema del modelo de datos que los Estados Miembros deben generar para el reporte de los resultados de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) y los Planes de Acción contra el Ruido (PAR), a partir de la Cuarta Fase de aplicación de la *Directiva 2002/49/CE⁴ del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (END)*.

Este modelo de datos se desarrolla en diversos manuales y guías técnicas editadas por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) y pueden ser consultados en el portal de la red europea de información y de observación sobre el medio ambiente⁵ (Eionet).

El modelo de datos aplicable a partir de la Cuarta Fase contempla la utilización de las RDE de la OMS, con el fin de evaluar los efectos en la salud de ruido, en los PAR, pero no en los MER.

2 OBJETIVOS

En este trabajo se realiza un análisis crítico de la aplicación de la Orden PCM/542/2021, que recoge dichas RDE, en cuanto a su aplicación a Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción.

El planteamiento del modelo de datos [5] es la aplicación de las RDE para evaluar la mejora obtenida con la aplicación de medidas preventivas y correctoras del ruido en los PAR. No obstante, para ello es conveniente disponer de datos previos de los MER, en todo el rango de aplicación de estas. De lo contrario, podría ser necesaria la realización de cálculos correspondientes a la fase MER, en la fase PAR, pudiendo generar problemas operativos, en los casos en que las entidades encargadas para la redacción del PAR sean distintas de las que redactaron el MER.

En este trabajo centramos en dos aspectos clave de la aplicación de las RDE:

- La conveniencia de tener en cuenta su aplicación ya en la elaboración de los MER
- Los rangos de ruido en los que estas relaciones son aplicables

3 METODOLOGÍA

Se describen y analizan los rangos de aplicabilidad de las RDE propuestas por las OMS, con el objeto de realizar recomendaciones para la adecuada su aplicación, tanto en MER como en PAR.

3.1 Efectos sobre la salud considerados

Para la evaluación de los efectos sobre la salud se consideran en la Directiva (UE) 2020/367:

- las enfermedades cardíacas isquémicas (ECI) correspondientes a los códigos BA40 a BA6Z de la clasificación internacional CIE-11⁶ establecida por la Organización Mundial de la Salud;

³ «DOUE» núm. 400, de 12 de noviembre de 2021, páginas 160 a 195 (36 págs.)

⁴ «DOCE» núm. 189, de 18 de julio de 2002, páginas 12 a 25 (14 págs.)

⁵ <https://www.eionet.europa.eu/repornet/docs/noise>

⁶ <https://icd.who.int/browse11/l-m/es#/http%3a%2f%2fid.who.int%2fcd%2fentity%2f426429380>

- molestias intensas (MI);
- alteraciones graves del sueño (AGS).

3.2 Fuentes de ruido donde se aplican las RDE

Las fuentes de ruido, y las RDE que aplican a cada una, se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1: Aplicación de las RDE a las fuentes de ruido

Efecto	Fuente aplicable
ECI	Ruido de carreteras
MI	Ruido de carreteras Ruido ferroviario
AGS	Ruido aeronáutico

3.3 Métodos de evaluación propuestos

Se proponen dos tipos de métodos de cálculo, relativo (RR) y absoluto (RA).

$$RR = \left(\frac{\text{Probabilidad de que se produzca un efecto nocivo en la población expuesta a un nivel específico de ruido ambiental}}{\text{Probabilidad de que se produzca el efecto nocivo en la población no expuesta a ruido ambiental}} \right) \quad RA = \left(\frac{\text{Probabilidad de que se produzca el efecto nocivo en la población expuesta}}{\text{a un nivel específico de ruido ambiental}} \right) \quad (1)$$

De acuerdo con las indicaciones de la OMS, en función del efecto (ECI, MI o AGS), se utiliza uno u otro método. Para ECI se utiliza RR, y para MI y AGS, RA.

3.4 Evaluación de efectos nocivos

Una vez obtenidos las RDE, se utilizan expresiones para obtener el número de personas afectadas por cada efecto y fuente.

No existe un método para “sumar” efectos. Los efectos se deben evaluar por separado y por fuente.

3.4.1 Expresiones para el cálculo de población afectada por ECI debido al ruido

Se proponen las siguientes expresiones:

$$FAP_{x,y} = \left(\frac{\sum_j [p_j * (RR_{j,x,y} - 1)]}{\sum_j [p_j * (RR_{j,x,y} - 1)] + 1} \right) \quad (2)$$

Donde:

- FAP_{x,y} es la fracción atribuible de la población⁷,
- el conjunto de bandas de ruido j está formado por bandas únicas que abarcan un máximo de 5 dB
- p_j es la proporción de la población general P en la zona evaluada expuesta a la banda de exposición, asociada a un RR dado de un efecto nocivo específico RR_{j,x,y}.

Una vez obtenido FAP se calcula el número total N de casos de ECI (personas afectadas por el efecto nocivo y; número de casos atribuibles) debido a la fuente x es:

$$N_{x,y} - \text{vial} = FAP_{x,y,i} * I_y * P \quad (3)$$

Donde:

- FAP_{x,y,i} se calcula para la incidencia i,
- I_y es la tasa de incidencia de ECI en la zona evaluada, que puede obtenerse a partir de estadísticas sobre salud en la región o el país en el que se encuentra dicha zona,

⁷ La fracción atribuible poblacional (FAP) corresponde a una medida de impacto que estima, una vez asumida la causalidad, cuál es la carga de enfermedad que es atribuible a ese factor en la población. La información que aportan las estimaciones ayuda a planificar programas de salud pública.

- P es la población total del área evaluada (total de la población en las distintas bandas de ruido).

3.4.2 Expresiones para el cálculo de población afectada por MI y AGS debido al ruido

$$N_{x,y} - (\text{vial, ferroviario o aeronaves}) = \sum_j [n_j * RA_{j,x,y}] \quad (4)$$

Donde:

- $RA_{x,y}$ es el RA del efecto nocivo pertinente (MI y AGS).
- n_j es el número de personas expuestas a la j banda de exposición.

4 RESULTADOS

4.1 RDE para el cálculo de ECI

Van Kempen et al., 2018 [1] proponen la siguiente expresión para el establecimiento de la RDE entre ruido de carreteras y ECI.

$$\begin{aligned} \text{Si ruido} > 53 \text{ dB(A)} &\rightarrow RR_{ECI,i,vial} = e^{\left[\left(\frac{\ln(1.08)}{10}\right) * (L_{den} - 53)\right]} \\ \text{Si ruido} \leq 53 \text{ dB(A)} &\rightarrow RR_{ECI,i,vial} = 1 \end{aligned} \quad (5)$$

De acuerdo las Directrices sobre ruido ambiental para la Región Europea, se recomienda reducir los niveles de ruido producidos por el tráfico por debajo de 53 dB Lden, ya que el ruido del tráfico por encima de este nivel está asociado con efectos adversos para la salud [4], siendo la probabilidad de incremento de ECI es aproximadamente del 8% por cada 10 dB, a partir de 53,3 dB(A) Lden.

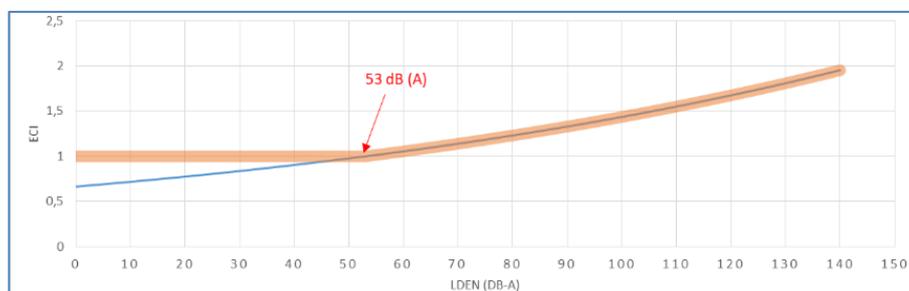


Figura 1: Análisis gráfico de la RDE de ECI en tráfico rodado

El valor 1, que toma la expresión por debajo de 53 dB(A) Lden se correspondería con el riesgo habitual de la población no expuesta a este tipo de ruido.

4.2 RDE para el cálculo de MI

4.2.1 RDE para el cálculo de MI en tráfico rodado

Guski et al., 2017 [2] proponen la siguiente expresión a partir de 17 estudios de diferentes organismos.

$$RA_{MI,i,vial} = \frac{78.9270 - 3.1162 * L_{den} + 0.0342 * L_{den}^2}{100} \quad (6)$$

Aunque algunos estudios contemplan un incremento de las molestias intensas a partir de 40 dB(A) Lden, se relaciona el valor de 53,3 dB(A) Lden con un nivel de MI del 10%. Es decir, el 10% de la población experimentaría molestias intensas por ruido de tráfico a partir de 53,3 dB(A).

La expresión matemática presenta un mínimo en 46 dB(A). Por debajo de este valor de ruido no es adecuada su utilización, ya que daría valores distorsionados. Se considera válida hasta 80 dB(A), estando los niveles superiores a dicho valor por encima del rango de los estudios considerados.

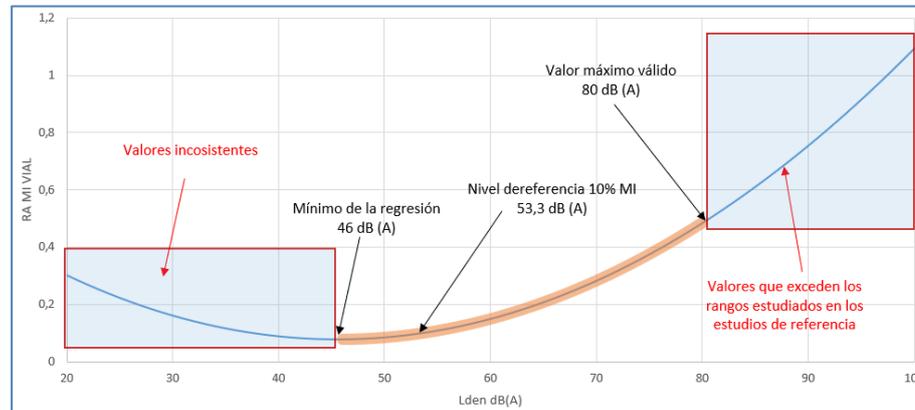


Figura 2: Análisis gráfico de la RDE de MI en tráfico rodado

4.2.2 RDE para el cálculo de MI en tráfico ferroviario

La expresión propuesta es una regresión a partir de los estudios contemplados [2]:

$$RA_{MI,i,ferroviario} = \frac{38.1596 - 2.05538 * L_{den} + 0.0285 * L_{den}^2}{100} \quad (7)$$

En este caso se relaciona el nivel de 53,7 dB(A) Lden, con una probabilidad de incremento de MI del 10%. La expresión matemática presenta un mínimo en 36 dB(A). Por debajo de este valor de ruido no es adecuada su utilización, ya que daría valores distorsionados. Se considera válida hasta 80 dB(A), al igual que en caso del tráfico rodado.

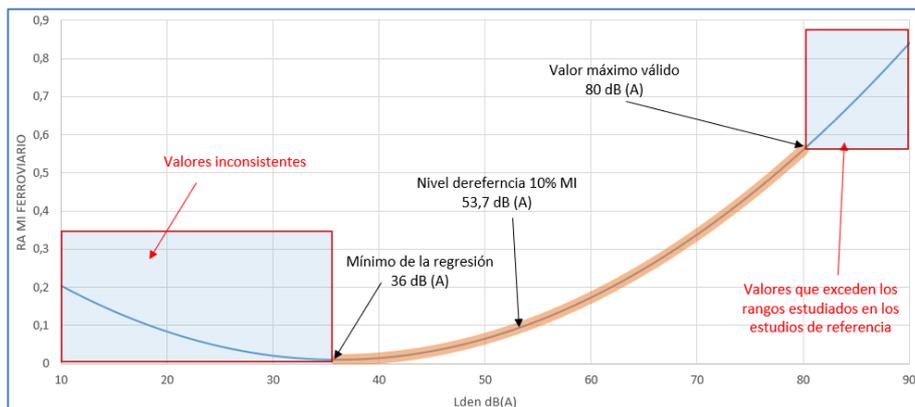


Figura 3: Análisis gráfico de la RDE de MI en tráfico ferroviario

4.2.3 RDE para el cálculo de MI en el modo aéreo

La expresión propuesta es una regresión a partir de los estudios contemplados [2]:

$$RA_{MI,i,aeronaves} = \frac{-50.9693 - 1.0168 * L_{den} + 0.0072 * L_{den}^2}{100} \quad (8)$$

Se relaciona el nivel de 45 dB(A) Lden, con una probabilidad de incremento de MI del 10%. La expresión matemática toma valores negativos por debajo de 40 dB(A). Se considera válida hasta 75 dB(A).

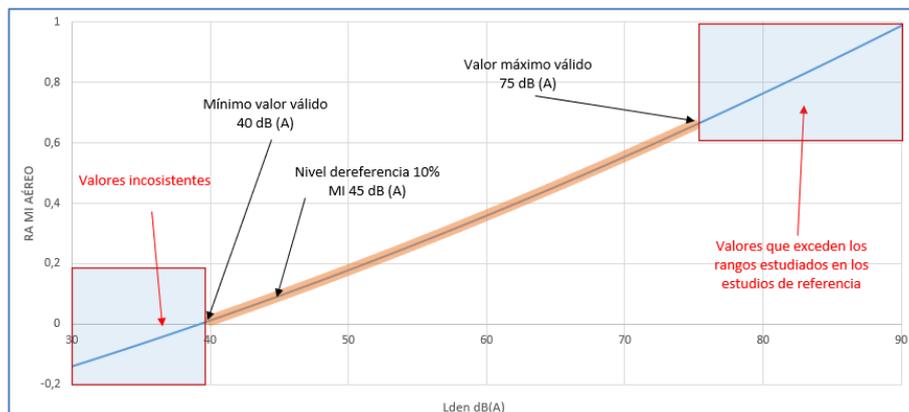


Figura 4: Análisis gráfico de la RDE de MI en modo aéreo

4.3 RDE para el cálculo de AGS

Las expresiones para el cálculo de las alteraciones graves del sueño provienen del trabajo de Basner et al., 2018 [3].

Se trata de una combinación de modelos de dosis efectos relativos a dos efectos del ruido en el suelo:

- Dificultad para conciliar el sueño
- Dificultad para despertar

Según los autores, las expresiones obtenidas son válidas en el rango de 40 a 65 dB(A).

4.3.1 RDE para el cálculo de AGS en tráfico rodado

$$RA_{AGS,i,vial} = \frac{19.4312 - 0.9336 * L_n + 0.0126 * L_n^2}{100} \quad (9)$$

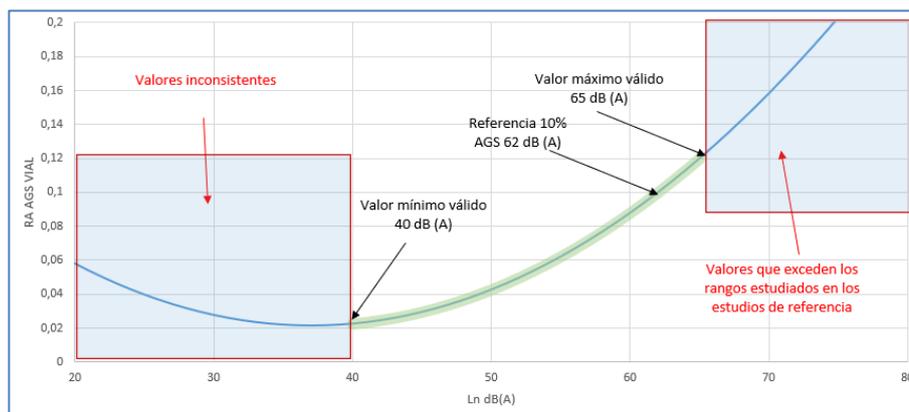


Figura 5: Análisis gráfico de la RDE de AGS en tráfico rodado

4.3.2 RDE para el cálculo de AGS en tráfico ferroviario

$$RA_{AGS,i,ferroviario} = \frac{67.5406 - 3.1852 * L_n + 0.0391 * L_n^2}{100} \quad (10)$$

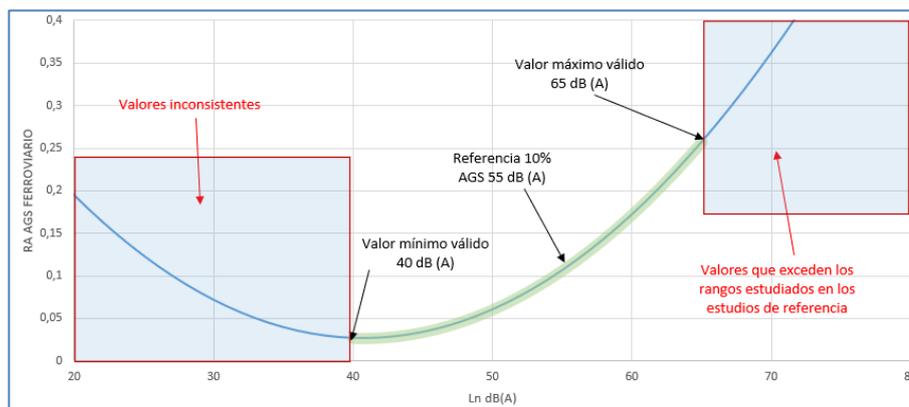


Figura 6: Análisis gráfico de la RDE de AGS en tráfico ferroviario

4.3.3 RDE para el cálculo de AGS en modo aéreo

$$RA_{AGS,i,aeronaves} = \frac{16.7885 - 0.9293 \cdot L_n + 0.0198 \cdot L_n^2}{100} \quad (11)$$

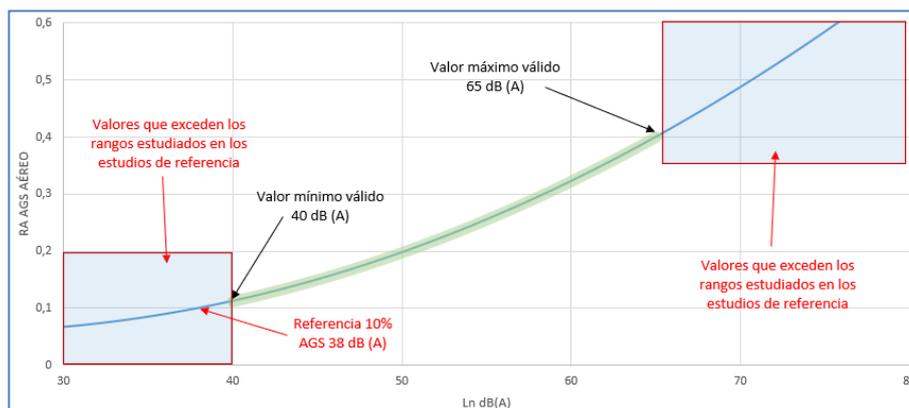


Figura 7: Análisis gráfico de la RDE de AGS en modo aéreo

La RDE en AGS en modo aéreo presenta un nivel de referencia (10% de incremento sobre valor base) por debajo de su rango de aplicación.

4.4 Análisis comparativo de las RDE de riesgo absoluto (MI y AGS)

Se analizan los resultados comparativos de las RDE MI y AGS, para cada fuente. Se comparan los resultados para cada tipo de fuente.

4.4.1 Comparación de las RDE de MI

En el gráfico siguiente se observa un comportamiento similar en carreteras y ferrocarriles. Si bien en el caso de carreteras el rango de validez es más amplio, y para valores inferiores a 54 dB(A) el grado de molestia es inferior al de ferrocarriles, aunque a partir de este valor se invierte la tendencia.

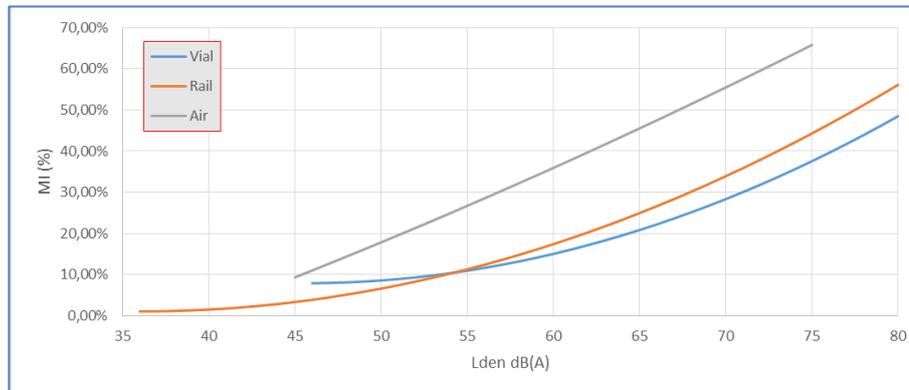


Figura 8: Comparación de RDE MI de las distintas fuentes

En el caso de aeropuertos, la RDE MI arroja un grado de molestia muy superior al caso de carreteras y ferrocarriles, en todos los valores de Lden (A), lo que implica que el ruido aéreo supone una perturbación superior a las otras dos fuentes para las que se disponen RDE.

4.4.2 Comparación de las RDE de AGS

Se observa un comportamiento similar en carreteras y ferrocarriles hasta 45 dB(A). A partir de este valor, el AGS de ferrocarril es superior.

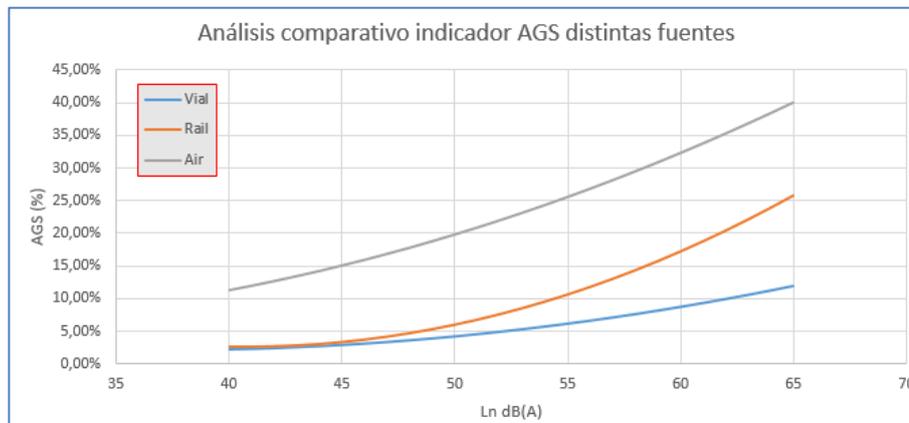


Figura 9: Comparación de RDE AGS de las distintas fuentes

Al igual que en MI, el modo aéreo se ve penalizado por la RDE AGS.

5 DISCUSIÓN

Antes de la aprobación de la Directiva (UE) 2020/367, la Agencia Europea del Medio Ambiente ha empezado a aplicar las RDE de la OMS para evaluar el efecto del ruido en la salud. Así, el informe Eionet Report - ETC/ACM 2018/10, publicado en febrero de 2019, tras la revisión de los datos reportados en la Segunda y Tercera fases de aplicación de END, concluye que 21,7 millones de personas están afectadas por MI por ruido de tráfico rodado, ferroviario y aeronáutico, que se espera que 6,4 millones de adultos sufran AGS, y que cada año el ruido ha provocado 49.000 casos de ECI, y 12.000 casos de mortalidad prematura [6].

La aplicación de las RDE modifica la percepción que se tenía hasta el momento de lo que se entiende por un “nivel seguro de ruido”. Mientras que END establece los límites en 55 dB(A) en periodo Lden, y 50 dB(A) en periodo Ln (límites de referencia para áreas residenciales de

acuerdo a la tabla A del Anexo II del Real Decreto 1367/2007), la OMS concluye que los límites por encima de los cuales existe riesgo cierto para la salud son 53 dB(A) en periodo Lden, y 45 dB(A) en periodo Ln para el ruido de carreteras, 54 dB(A) Lden, y 44 dB(A) Ln para el ruido ferroviario, y 45 dB(A) Lden, y 40 dB(A) Ln para el ruido aeronáutico [7].

Las RDE se han tomado como referencia también para establecer los objetivos de reducción del *Zero Pollution Action Plan* de la Unión Europea para 2030, proponiendo un 30% de reducción respecto de los datos de 2030 de población afectada por ruido de infraestructuras de transporte, equivalente a una reducción de 5,4 millones de personas afectadas por MI, y 1,5 millones afectadas por AGS [8]

Dadas las diferencias entre los niveles considerados perjudiciales por END y la OMS, la metodología que la AEMA propone para la aplicación de los RDE incluye el rellenado de “huecos” cuando los niveles reportados por los países no alcanzan los umbrales de aplicación de las RDE [9].

6 CONCLUSIONES

Las RDE no son aplicables para todos los niveles de ruido. En particular, las RDE correspondientes a MI y AGS de carreteras y ferrocarriles pueden sobreestimar la población afectada por debajo de su rango de aplicación. La RDE de MI del modo aéreo arroja datos negativos de población afectada, por debajo de 40 dB(A).

Esta circunstancia debe ser tenida en cuenta por los responsables de la elaboración de los MER y PAR, los redactores de estos y los fabricantes de software, limitando el cálculo de las RDE al rango de aplicación de sus expresiones matemáticas.

Aunque de acuerdo con Decisión de Ejecución (UE) 2021/1967 las RDE son de aplicación solo en los PAR, es importante tener en cuenta sus requisitos desde la fase de MER, donde sería conveniente generar los datos necesarios para su cálculo, en todo el rango de validez.

La aplicación en todo el rango, y no solo desde los límites fijados en END, permitiría una estimación más precisa de la reducción de ECI, MI y AGS con la aplicación de medidas correctoras programadas en el PAR, ya que se tendrían en cuenta tanto los niveles más altos atenuados, como los más bajos. Tener en cuenta los niveles más bajos permitiría no sólo una mejor estimación, sino que también facilitaría el alcance de los objetivos de reducción de la AEMA para 2030.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en Proyecto de Investigación “Mejora e implementación de nuevas metodologías para la elaboración de planes de acción contra el ruido y sistemas integrados de gestión, evaluación y control del ruido ambiental” del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), y en el ámbito del Encargo entre la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas O.A. y M.P. (CEDEX) para la “Asistencia técnica a la aplicación de la legislación en materia de ruido ambiental y a la adaptación, mantenimiento y actualización del Sistema Básico de Información sobre Contaminación Acústica (2021-2023)”

REFERENCIAS

- [1] Van Kempen, E; Casas, M.; Pershagen, G.; and Foraster, M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *Int J Environ Res Public Health*, vol. 15, no. 2, p. 379, Feb. 2018, doi: 10.3390/ijerph15020379.
- [2] Guski, R.; Schreckenberg, V; and Schuemer, R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *Int J Environ Res Public Health*, vol. 14, no. 12, p. 1539, Dec. 2017, doi: 10.3390/ijerph14121539.
- [3] Basner, M. and McGuire, S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *Int J Environ Res Public Health*, vol. 15, no. 3, p. 519, Mar. 2018, doi: 10.3390/ijerph15030519.
- [4] World Health Organization. Regional Office for Europe. *Environmental noise guidelines for the European Region*. World Health Organization. Regional Office for Europe. 2018.
- [5] Blanes, N.; Ramos, M. J.; Sáinz de la Maza, M.; Lihteneger, D.; Peris, E. and Morrone, S. *Environmental Noise Directive. Data model documentation version 4*. Jun. 2021.
- [6] Houthuijs, D. Report—ETC/ACM, Implications of environmental noise on health and wellbeing in Europe. *eionet.europa.eu*, 2019, Accessed: Aug. 25, 2022.
- [7] Blanes, N., Fons Esteve, J., Hintzsche, M., Ramos, M. J., Rösli, M., Sáinz, M., Ubach, R., Vienneau, D. & Peris, E. ETC HE Report 2022/5: Projected health impacts from transportation noise—Exploring two scenarios for 2030. *European Environmental Agency*. 2022.
- [8] European Environmental Agency, “Health impacts of exposure to noise from transport,” 2022. <https://www.eea.europa.eu/ims/health-impacts-of-exposure-to-1> (accessed Aug. 25, 2022).
- [9] Fons-Esteve, J.; Domingues, F.; Ramos, M. J.; Blanes, N. and Peris, E. .ETC/ATNI Report 06/2021: Noise indicators under the Environmental Noise Directive 2021. Methodology for estimating missing data. *European Environmental Agency*. 2021.