



#CONAMA2024

CONFIANZA
COLABORACIÓN
CORRESPONSABILIDAD

HACEMOS FUTURO

Efectos del Ruido en la Salud Tras la Directiva 2020/367 se cuantifican los efectos nocivos del ruido ambiental. Aplicación, límites, experiencias

Contaminación acústica. (ST-30)

Ignacio Soto Molina

Director de Programa – Ruido Ambiental
Subdirección General de Prevención de la Contaminación
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Ana García Sainz-Pardo

SENASA



CONGRESO NACIONAL

DEL MEDIO AMBIENTE





CONTENIDOS



1. Introducción

2. Las Relaciones Dosis-Efecto

3. El Escenario de Partida

4. Dificultades en la Aplicación

5. Propuestas de Mejora

6. Retos a Futuro

7. Conclusiones

01

Introducción



Contexto Histórico y Normativo

- **Directiva 2002/49/CE (Ruido Ambiental):**
 - Obligaba a los Estados miembros a:
 - Medir y evaluar el ruido ambiental.
 - Elaborar mapas estratégicos de ruido.
 - Desarrollar planes de acción para reducir el ruido en infraestructuras de transporte y aglomeraciones urbanas.
- **Limitaciones de la Directiva 2002/49/CE:**
 - Se centraba en niveles de ruido (decibelios).
 - No consideraba directamente los efectos en la salud de la población.

Desarrollo del Anexo III con la Directiva 2020/367

- **Nueva exigencia:**
 - **Cuantificar el impacto del ruido en la salud**, más allá de la simple exposición sonora.
- **Objetivos para 2030:**
 - Reducir en un **30%** el número de personas afectadas por **molestias crónicas** causadas por el ruido del transporte.
- **Enfoque basado en salud:**
 - Utilización de **indicadores de salud** en lugar de solo niveles de ruido.
 - **Reconsideración de los niveles de ruido que pueden ser perjudiciales para la salud.**

02

Las Relaciones Dosis-Efecto



- **Relaciones Dosis-Efecto:**
 - Correlacionan el **nivel de ruido (dosis)** con la **probabilidad de efectos nocivos (efecto)** en la salud.
- **Efectos Considerados:**
 - **Enfermedades Cardíacas Isquémicas (ECI):**
 - **Medición mediante Riesgo Relativo (RR):**
 - **RR** compara el riesgo de ECI entre personas expuestas y no expuestas al ruido.
 - Un **RR de 1.5** indica un 50% más de riesgo en los expuestos.
 - **Molestias Intensas (MI) y Alteraciones Graves del Sueño (AGS):**
 - **Medición mediante Riesgo Absoluto (RA):**
 - **RA** es la proporción de personas afectadas a distintos niveles de ruido.
 - Por ejemplo, un **RA del 20%** significa que el 20% de la población experimenta molestias o alteraciones.
 - **Medición del Impacto Global:**
 - **Años de Vida Ajustados por Discapacidad (AVAD/DALY):**
 - **AVAD = Años de Vida Perdidos (YLL) + Años Vividos con Discapacidad (YLD)**
 - Cuantifica la carga total de enfermedades por muerte prematura y discapacidad.

03

El Escenario de Partida



Informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2020)

- **Aplicación de Relaciones Dosis-Efecto:**

- Se utilizaron los algoritmos para estimar los efectos en salud basados en datos de exposición.

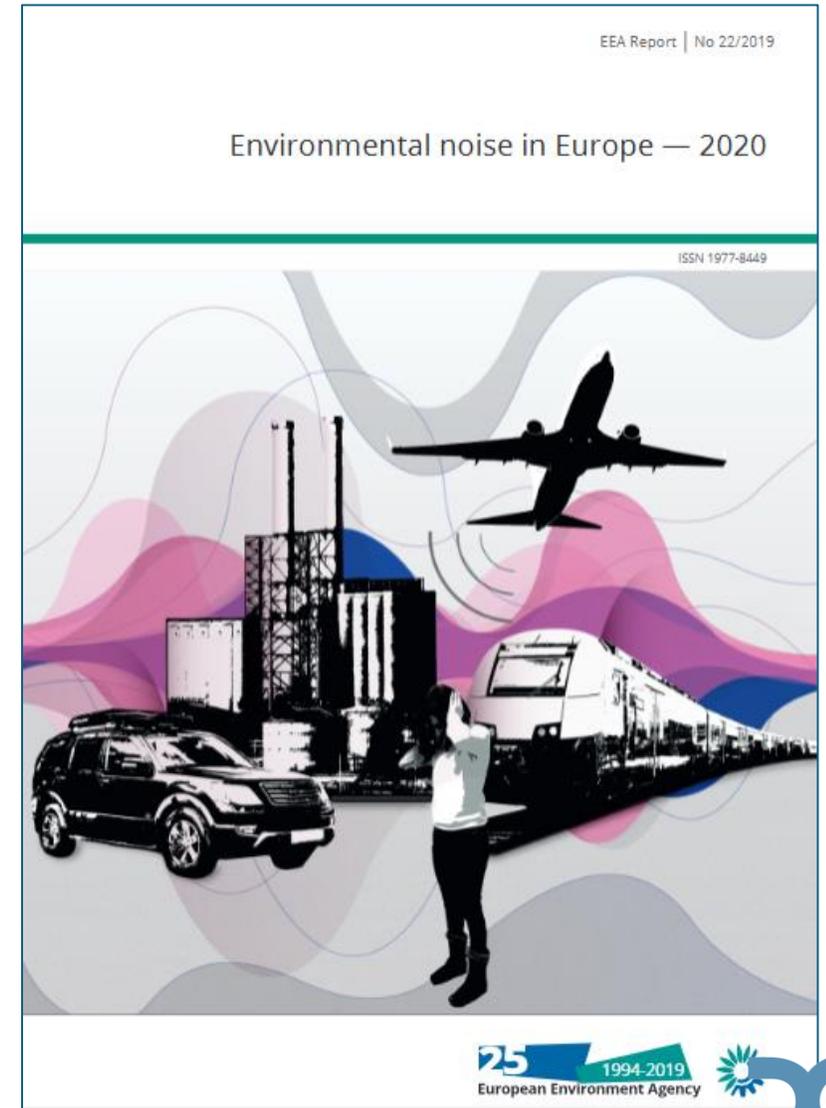
- **Resultados:**

- Se identificó el número de personas afectadas por ECI, MI y AGS.
- Se evidenció la magnitud del problema a nivel europeo.

- **Uso del Informe:**

- Sirvió como **línea base** para establecer objetivos de reducción.
- Permite el **seguimiento y evaluación** de las políticas implementadas.

		High annoyance	High sleep disturbance	Ischaemic heart disease	Premature mortality (ª)	Cognitive impairment in children
Inside urban areas	Road	12 525 000	3 242 400	29 500	7 600	
	Rail	1 694 700	795 500	3 100	800	
	Air	848 300	168 500	700	200	9 500
	Industry	87 200	23 400	200	50	
Outside urban areas	Road	4 625 500	1 201 000	10 900	2 500	
	Rail	1 802 400	962 900	3 400	900	
	Air	285 400	82 900	200	50	2 900
Total (ª)		21 868 500	6 476 600	48 000	12 100	12 400



04

Dificultades en la Aplicación



4.1 Limitaciones en la Interpretación de los Efectos sobre la Salud

- **Variabilidad en la Sensibilidad Individual:**
 - **Factores Personales:** Edad, estado de salud, historial médico.
 - **Factores Psicosociales:** Estrés laboral, soporte social, expectativas culturales.
- **Condiciones Ambientales y Fuentes de Ruido:**
 - **Tipo de Fuente:** Tráfico, ferroviario, aéreo, industrial.
 - **Entorno:** Urbano vs. rural, clima, aislamiento acústico de edificaciones.
- **Calidad y Precisión de los Datos de Exposición:**
 - **Mediciones en Exteriores:** No reflejan la exposición real en interiores.
 - **Variabilidad Temporal:** Niveles de ruido pueden variar según la hora y el día.
- **Desfase Temporal en los Efectos de Salud:**
 - **Exposiciones Prolongadas:** Efectos crónicos requieren seguimiento a largo plazo.
 - **Dificultad en Establecer Causalidad Directa.**

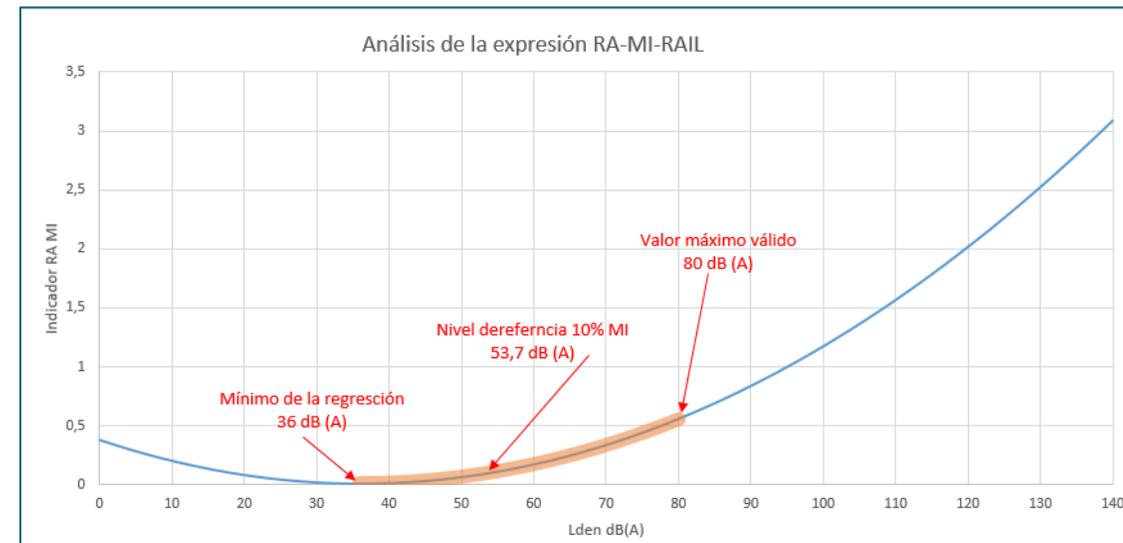
4.2 Limitaciones por los Umbrales de la Directiva

- **Enfoque en Infraestructuras Mayores:**
 - **Aeropuertos:** >50,000 movimientos anuales.
 - **Ejes Viarios y Ferroviarios:** Volúmenes de tráfico muy altos.
- **Exclusión de Fuentes Menores y Aglomeraciones Pequeñas:**
 - **Áreas Urbanas Menores:** <100,000 habitantes.
 - **Fuentes de Ocio y Restauración:** Bares, discotecas, eventos al aire libre.
- **Subestimación de la Exposición Real:**
 - **Efecto Acumulativo:** Combinación de múltiples fuentes menores puede ser significativa.
 - **Poblaciones Vulnerables:** Comunidades rurales o periféricas también afectadas.

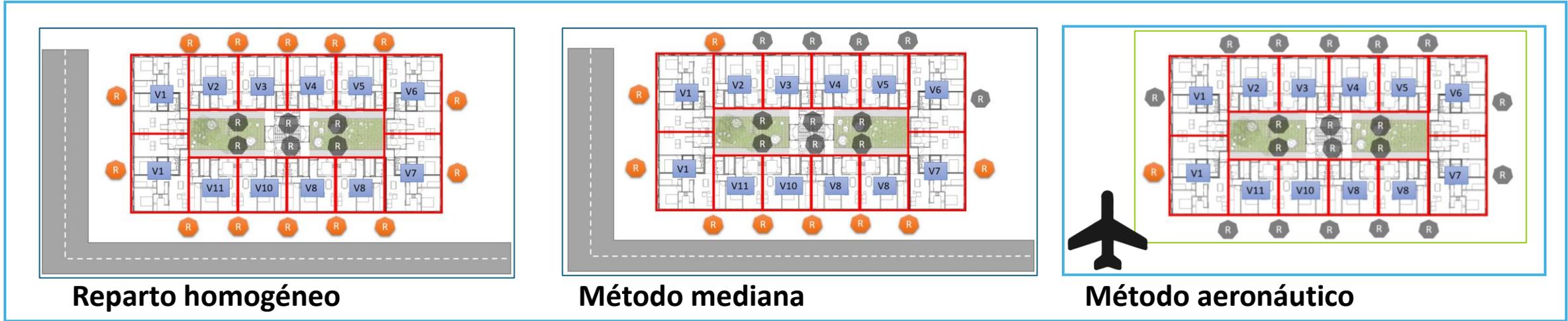
4.3 Limitaciones de Aplicabilidad de las Relaciones Dosis-Efecto

- **Rangos de Aplicación Limitados:**
 - **Niveles Bajos de Ruido:** Por debajo de 35-40 dB(A), las relaciones pueden no ser precisas.
- **Sobreestimación o Subestimación de Afectados:**
 - **Carreteras y Ferrocarriles:** Posible sobreestimación en niveles bajos.
 - **Ruido Aéreo:** Datos negativos de población afectada no son coherentes.
- **Implicaciones para la Planificación:**
 - **Planes de Acción:** Necesidad de ajustar los cálculos al rango válido.
 - **Software de Modelado:** Debe incorporar estas limitaciones para evitar errores.

Expresión	Rango de aplicabilidad	Recomendación AEMA
ECI	-	A partir de 53 dB(A) Lden
RA _{MI,i,vial}	46-80 dB(A) Lden	A partir de 53 dB(A) Lden
RA _{MI,i,ferroviario}	36-80 dB(A) Lden	A partir de 54 dB(A) Lden
RA _{MI,i,aeronaves}	45-75 dB(A) Lden	A partir de 45 dB(A) Lden
RA _{AGS,i,vial}	40 – 65 dB(A) Ln	A partir de 45 dB(A) Lden
RA _{AGS,i,ferroviario}		
RA _{AGS,i,aeronaves}		



4.4 Variación en resultados debidos exclusivamente al método de cálculo



Zona de estudio	Población total estudiada	Pob. Afectada Lden > 65 Método 1 (reparto)		Pob. Afectada Lden > 65 Método 2 (mediana)		Pob. Afectada Lden > 65 Método aéreo	
		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Zona 1	1364	153	11,2%	288	21,1%	470	34,5%
Zona 2	637	54	8,5%	99	15,5%	148	23,2%
Zona 3	9071	665	7,3%	1264	13,9%	1540	17,0%
Zona 4	5910	280	4,7%	428	7,2%	748	12,7%



05

Propuestas de Mejora



Mejoras en las Relaciones Dosis-Efecto

- **Adaptación a Realidades Locales:**
 - Considerar **características específicas** de cada región.
 - Incorporar datos locales sobre **hábitos de vida y estructuras urbanas**.
- **Incorporación de Condiciones de Exposición:**
 - **Interiores vs. Exteriores:** Aislamiento acústico, tipo de vivienda.
 - **Factores Temporales:** Horarios de mayor sensibilidad al ruido.

METODOLOGÍAS COMUNES

- **Establecer metodologías comunes para todas las AACC:**
 - **Reducir diversidad de criterios.**
 - **Aplicar mismo criterio a lo largo del tiempo.**

Ampliar Alcance de la Aplicación

- **Incluir Infraestructuras Menores:**
 - Carreteras secundarias, vías férreas locales, aeródromos pequeños.
- **Considerar Fuentes de Ocio y Actividades Industriales:**
 - **Ruido Nocturno:** Bares, discotecas, eventos.
 - **Actividades Industriales:** Fábricas, construcción.

Ajuste de Umbrales en Relaciones Dosis-Efecto

- **Revisión de Rangos de Aplicación:**
 - Establecer **umbrales más precisos** para niveles bajos de ruido.
 - Evitar **sobreestimaciones o subestimaciones** de población afectada.

06

Retos a Futuro



Cumplimiento de Objetivos de Reducción

- **Colaboración Interadministrativa:**
 - Coordinación entre **gobiernos locales, regionales y nacionales.**
 - Participación de **sectores privados y comunidades.**
- **Plan Estratégico de Salud y Medioambiente 2022-2026 y Estrategia Nacional del Ruido (en redacción):**
 - Integración de políticas de ruido en **estrategias de salud pública.**
 - **Educación y Concienciación:** Informar a la población sobre los riesgos del ruido.

Evaluación y Ajustes en la Quinta Fase

- **Quinta Fase de Mapeado:**
 - Recolección de nuevos datos de exposición y salud.
 - Evaluación de la **efectividad** de políticas implementadas.
- **Ajustes en Planes de Acción para 2029:**
 - **Revisión de Metas:** Adaptar objetivos según resultados.
 - **Implementación de Nuevas Medidas:** Basadas en evidencia actualizada.

07

Conclusiones



- **Importancia del Enfoque en Salud:**

- La Directiva 2020/367 marca un avance significativo en la gestión del ruido ambiental.

- **Desafíos en la Implementación:**

- Necesidad de superar limitaciones técnicas y metodológicas.
- Importancia de considerar la variabilidad individual y contextos locales.

- **Necesidad de Colaboración:**

- Trabajo conjunto entre gobiernos, gestores de fuentes de ruido, sector de la acústica y sociedad civil.

- **Compromiso Continuo:**

- Adaptación y mejora constante de políticas y prácticas.
- Enfoque en el bienestar y salud de la población.

ANEXO

Ejemplo de cálculo RDE, DALYs y coste económico

1. Enfermedades Cardíacas Isquémicas (ECI):

- Ruido del tráfico vial:** Se emplea el **riesgo relativo (RR)** para determinar cómo incrementos en los niveles de ruido afectan la incidencia de ECI. El RR compara la tasa de incidencia de ECI en personas expuestas a ciertos niveles de ruido con la de aquellas no expuestas. Por ejemplo, un RR de 1,5 indica que los expuestos tienen un 50% más de riesgo de desarrollar ECI en comparación con los no expuestos.

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

Si ruido > 53 db(A) → $RR_{ECI,i,vial} = e^{\left[\left(\frac{\ln(1,08)}{10} \right) \cdot (L_{den} - 53) \right]}$

Si ruido ≤ 53 db(A) → $RR_{ECI,i,vial} = 1$

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

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. El dato se expresa en proporción (tanto por uno)

$$N_{x,y} - vial = FAP_{x,y,i} \cdot I_y \cdot P$$

$N_{x,y}$: número total de caso producido por el efecto nocivo “y” debido a la fuente “x”
 $FAP_{x,y,i}$ 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,
 P es la población total del área evaluada (total de la población en las distintas bandas de ruido).



2. Molestias Intensas (MI) y Alteraciones Graves del Sueño (AGS):

- Ruido del tráfico vial, ferroviario y aéreo:** Se utilizan relaciones dosis-efecto específicas para cada fuente de ruido, basadas en el **riesgo absoluto (RA)**. El RA refleja la proporción de personas que experimentan MI o AGS a distintos niveles de exposición sonora. Por ejemplo, si el RA es del 20% para un nivel de ruido específico, significa que el 20% de la población expuesta a ese nivel experimentará molestias o alteraciones.

$RA = \left(\begin{array}{c} \text{Probabilidad de que se produzca el efecto nocivo} \\ \text{en la población expuesta} \\ \text{a un nivel específico de ruido ambiental} \end{array} \right)$

}	MI	$RA_{MI,i,vial} = \frac{78.9270 - 3.1162 * L_{den} + 0.0342 * L_{den}^2}{100}$
		$RA_{MI,i,ferroviario} = \frac{38.1596 - 2.05538 * L_{den} + 0.0285 * L_{den}^2}{100}$
		$RA_{MI,i,aeronaves} = \frac{-50.9693 - 1.0168 * L_{den} + 0.0072 * L_{den}^2}{100}$
}	AGS	$RA_{AGS,i,vial} = \frac{19.4312 - 0.9336 * L_n + 0.0126 * L_n^2}{100}$
		$RA_{AGS,i,ferroviario} = \frac{67.5406 - 3.1852 * L_n + 0.0391 * L_n^2}{100}$
		$RA_{AGS,i,aeronaves} = \frac{16.7885 - 0.9293 * L_n + 0.0198 * L_n^2}{100}$

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

↑
↑
 Riesgo absoluto en función del nivel de ruido Nº de personas afectadas



3. Ejemplo caso práctico

Se evalúan un total de 274 receptores que equivalen a 5.910 habitantes. La media de personas/receptor es de 21,57

FAP _{x,y} =	0,0289523	2,895%
Tasa ECI	0,0131000	Tasa España ECI ⁶
N _{xy} (abs.)	2,24	personas
N _{xy} (%)	0,038%	s./total personas

	Absoluto (personas)		Relativo	
	MI_Nxy	AGS_Nxy	MI_Nxy	AGS_Nxy
VIARIO	734	209	12,43%	3,54%
FERROCARRIL	695	333	11,77%	5,64%
AÉREO	1460	906	24,70%	15,33%

4. Otras relaciones que se proponen para su aplicación aplicarán

Resultado	Carreteras	Ferrocarril	Aéreo	Seleccionado para HRA
Problemas de comportamiento				
<i>Dificultades conductuales totales (ruido en casa)</i>	Moderado	<i>Bajo</i>	<i>Muybajo</i>	Sí
Cognición				
<i>La lectura y el lenguaje en niños</i>	-	-	Moderado*	Sí
Endocrino				
Sobrepeso	Moderado	<i>Muybajo</i>	-	Sí

DRAFT European Topic Centre on Human Health and the Environment (ETC HE):

- *Health effects of transportation noise for children and adolescents: an umbrella review and burden of disease estimation (2024)*



Años de Vida Ajustados por Discapacidad (AVAD)

Conocidos en inglés como **Disability-Adjusted Life Years (DALY)**, son una medida utilizada para cuantificar la carga global de enfermedades. Este indicador combina tanto los años de vida perdidos por muerte prematura como los años vividos con discapacidad, proporcionando una visión integral del impacto de las enfermedades en la salud de una población.

El cálculo de los DALY se desglosa en dos componentes principales:

1. **Años de Vida Perdidos (YLL, por sus siglas en inglés):** Representan los años de vida que se pierden debido a una muerte prematura, es decir, antes de alcanzar la esperanza de vida esperada.
2. **Años Vividos con Discapacidad (YLD, por sus siglas en inglés):** Reflejan los años durante los cuales una persona vive con una enfermedad o condición que afecta su salud de manera no fatal.

La fórmula general para calcular los DALY es:

$$\text{DALY} = \text{YLL} + \text{YLD}$$

Donde:

- **YLL (Years of Life Lost):** Número de muertes × (Esperanza de vida estándar – Edad al morir)
- **YLD (Years Lived with Disability):** Número de casos incidentes × Duración de la enfermedad × Peso de discapacidad

Un DALY equivale a la pérdida de un año de vida saludable. Por lo tanto, esta métrica **permite evaluar tanto el impacto de las enfermedades que causan muerte prematura como aquellas que generan discapacidad**, facilitando comparaciones entre diferentes condiciones de salud y poblaciones.

Cálculo de DALYs por ruido ambiental según Phenomena Project (*)

1. Molestias intensas (MI):

$$YLD_{MI} = \text{Número de personas afectadas MI} \times 0.02 = 0.02 * N_{x,y}$$

2. Alteraciones graves del sueño (AGS):

$$YLD_{AGS} = \text{Número de personas afectadas AGS} \times 0.07 = 0.07 * N_{x,y}$$

3. Enfermedades Cardiacas Isquémicas (ECI):

$$DALY_{ECI} = YLL_{ECI} + YLD_{ECI}$$

$$YLL_{ECI} = 0.25 \times \text{Número total de casos} \times 8 = 8 * 0.25 * N_{x,y}$$

$$YLD_{ECI} = 0.75 \times \text{Número total de casos} \times 0.405 = 0.405 * 0.75 * N_{x,y}$$

4. DALY total: $DALY_{total} = YLD_{MI} + YLD_{AGS} + DALY_{ECI}$

Expresa los efectos del ruido en años de vida saludables perdidos (DALYs).

La aplicación de pesos (Disability weights) depende de los estudios de referencia.

Condition	Disability Weight
ECI	
Acute myocardial infarction - Days 1–2	0.374 (0.267–0.492)
Acute myocardial infarction - Days 3–28	0.076 (0.055–0.101)
Angina pectoris - Mild	0.055 (0.037–0.076)
Angina pectoris - Moderate	0.056 (0.038–0.077)
Angina pectoris - Severe	0.116 (0.081–0.166)
Cardiac conduction disorders and cardiac dysrhythmias	0.186 (0.119–0.272)
Claudication	0.015 (0.010–0.022)
Heart failure - Mild	0.046 (0.031–0.065)
Heart failure - Moderate	0.076 (0.055–0.100)
Heart failure - Severe	0.138 (0.092–0.204)
Stroke - Mild (long-term consequences)	0.023 (0.015–0.033)
Stroke - Moderate (long-term consequences)	0.072 (0.052–0.096)
Stroke - Moderate + cognitive problems	0.279 (0.188–0.384)
Stroke - Severe (long-term consequences)	0.481 (0.364–0.611)
Stroke - Severe + cognitive problems	0.654 (0.510–0.796)
MI	
Annoyance - Moderate	0.006 (0.003–0.010)
Annoyance - Severe	0.011 (0.006–0.016)
AGS	
Sleep disturbance (without environmental noise)	0.009 (0.006–0.014)
Sleep disturbance (with environmental noise)	0.010 (0.006–0.015)

Charalampous, P., Maas, C. C., & Haagsma, J. A. (2024). Disability weights for environmental noise-related health states: results of a disability weights measurement study in Europe. *BMJ Public Health*, 2(1). doi: [10.1136/bmjph-2023-000470](https://doi.org/10.1136/bmjph-2023-000470)

* European Commission, Directorate-General for Environment, Kantor, E., Klebba, M., Richer, C., Kubota, U., et al., *Assessment of potential health benefits of noise abatement measures in the EU : Phenomena project*, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/24566>



Cálculo económico del impacto en la salud - Phenomena Project (*) – Método 1

Componentes de los Costos

1. Molestias

- Incluye MI y AGS

2. Salud

- ECI

Lden (dB)	Carreteras			Ferrocarriles			Aeronaves		
	Molestias	Salud	Total	Molestias	Salud	Total	Molestias	Salud	Total
50-54	14 €	3 €	17 €	14 €	3 €	17 €	34 €	5 €	39 €
55-59	28 €	3 €	31 €	28 €	4 €	32 €	68 €	6 €	74 €
60-64	28 €	6 €	34 €	28 €	6 €	34 €	68 €	9 €	77 €
65-69	54 €	9 €	63 €	54 €	9 €	63 €	129 €	12 €	141 €
70-74	54 €	13 €	67 €	54 €	13 €	67 €	129 €	16 €	145 €
>74	54 €	18 €	72 €	54 €	18 €	72 €	129 €	21 €	150 €

Cálculo de Costos Integrados para una Persona

El costo integrado para una persona expuesta a un nivel sonoro específico se calcula sumando los valores de cada intervalo ponderados por los dBs en los que se produce la exposición.

Ejemplo: 62 dB de ruido de tráfico vial

- Intervalo 50–54: 5 dB × 17 €/persona/año = 85 €
- Intervalo 55–59: 5 dB × 31 €/persona/año = 155 €
- Intervalo 60–64: 2 dB × 34 €/persona/año = 68 €

Costo total integrado: 85 + 155 + 68 = 308 €/persona/año

- **Observaciones:**
 - Los costos del ruido de aeronaves son considerablemente más altos que los del tráfico vial y ferroviario, reflejando las relaciones dosis-efecto específicas para molestias por transporte.
 - El aumento en los costos con niveles de ruido más altos sigue la forma general de las relaciones dosis-efecto.
 - Los efectos por debajo de 50 dB no se consideran en este modelo.

* European Commission, Directorate-General for Environment, Kantor, E., Klebba, M., Richer, C., Kubota, U., et al., *Assessment of potential health benefits of noise abatement measures in the EU: Phenomena project*, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/24566>



- **Informes de referencia**

- [WHO, 2018](#). Environmental noise guidelines for the European Region
- Informe [ETC HE 2023/11](#): Evaluación de los riesgos para la salud asociados al ruido ambiental: **metodología para evaluar los riesgos para la salud utilizando los datos notificados** en virtud de la Directiva sobre ruido ambiental.
- Implicaciones del ruido ambiental en la salud y el bienestar en Europa Informe EIONET — [ETC/ACM 2018/10](#)

¡Gracias! 

Contacto:

- **Ignacio Soto Molina**

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Email: isoto@miteco.es

- **Ana García Sáinz Pardo**

SENASA

Email: ana.garcia@senasa.es