

I. MEMORIA

ÍNDICE

0	OBJETO Y CONTENIDO	3
1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO.	3
1.1	UNIDADES DE MAPAS ESTRATÉGICOS	3
1.1.1	<i>Metro de Sevilla L1</i>	3
1.1.2	<i>Metro de Málaga L1</i>	5
1.1.3	<i>Metropolitano de Granada</i>	6
2	AUTORIDAD RESPONSABLE.....	7
3	MÉTODO DE CÁLCULO Y CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE RUIDO.....	7
3.1	MODELO DE CÁLCULO	7
3.2	PARÁMETROS DEL CÁLCULO ACÚSTICO.....	12
3.3	CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE ESTUDIO	14
3.3.1	<i>Metro de Sevilla L1</i>	15
3.3.2	<i>Metro de Málaga L1</i>	16
3.3.3	<i>Metropolitano de Granada</i>	18
4	RESULTADOS.....	20
4.1	METRO DE SEVILLA L1	20
4.1.1	<i>UME L1 SEV-1</i>	20
4.1.1.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	20
4.1.1.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	20
4.1.2	<i>UME L1 SEV-2</i>	20
4.1.2.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	20
4.1.2.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	20
4.1.3	<i>UME L1 SEV-3</i>	20
4.1.3.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	20
4.1.3.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	21
4.1.4	<i>UME L1 SEV-4</i>	21
4.1.4.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	21
4.1.4.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	21
4.1.5	<i>UME L1 SEV-5</i>	21
4.1.5.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	21
4.1.5.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	21
4.2	METRO DE MÁLAGA L1.....	22
4.2.1.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	22
4.2.1.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	22
4.3	METROPOLITANO DE GRANADA	22
4.3.1	<i>UME L1 GR-1</i>	22
4.3.1.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	22
4.3.1.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	22
4.3.2	<i>UME L1 GR-2</i>	23
4.3.2.1	Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones	23
4.3.2.2	Área total, viviendas y población expuesta (Lden).	23

0 Objeto y contenido

El presente documento recoge un resumen del Mapa Estratégico de Ruido (en adelante, MER) de los sistemas ferroviarios metropolitanos de Sevilla, Granada y Málaga de la Junta de Andalucía.

El objetivo es cumplir con la cuarta fase de la Directiva 49/2002/CE sobre evaluación y gestión ambiental y con la Ley de Ruido 37/2003.

1 Descripción general del estudio.

La siguiente tabla recoge el ámbito de estudio del MER:

Actuación	Longitud km/% superficie	Estaciones /paradas	Población servida nº habitantes	Demanda (2021)
Metro de Sevilla L1	18 km/40%	21	230 000	10,44 millones de viajeros
Metro de Málaga L1 y L2	14,8 km/28%	23	216 000	4,62 millones de viajeros
Metropolitano de Granada	15,9 km/83%	26	133 636	7,98 millones de viajeros

Figura 1.Ámbito de estudio del MER de los sistemas ferroviarios metropolitanos de Sevilla, Granada y Málaga. Fuente: Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT).

1.1 Unidades de mapas estratégicos

Los mapas estratégicos se organizan por Unidades de Mapa Estratégico (UME). Una vez definidas las UMEs se ha delimitado el ámbito de estudio estableciendo una anchura de 200 m a cada lado del eje, y asegurando que en cualquier caso abarca las isófonas Lden 55 y Lnoche 45 dB. Por otra parte, se han tomado las precauciones necesarias para tener en cuenta la continuidad de emisión acústica del ferrocarril. En este sentido se ha prolongado el inicio y final de las UMEs en una longitud aproximada de 200 m.

A continuación se recoge una breve descripción cada una de la infraestructuras y la división en UMES de estas:

1.1.1 Metro de Sevilla L1

La línea 1 del metro de Sevilla, cuenta con 18 km de longitud, y en torno a 7.2 km discurren en superficie, constituyendo estos los tramos en estudio.

La línea atraviesa los municipios de Dos Hermanas, Sevilla, San Juan de Aznalfarache y Mairena del Aljarafe, presentando en todos ellos tramos en superficie.

Es un ferrocarril metropolitano con características de metro ligero, cuya plataforma es exclusiva para las unidades de metro es decir sin interferir con el tráfico rodado ni con el tránsito de peatones.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. METROPOLITANO DE GRANADA

Es de doble vía a excepción de un tramo que transcurre en túnel, y por tanto no es objeto de este estudio. Esta está construida en placa, hormigonada y nivelada. Por tanto, a nivel de modelo se considerará dos ejes, uno para cada sentido.

La velocidad máxima es de 70 km/h, si bien se podría hablar de una velocidad media de 30 km/h.

De las 22 paradas de metro que la constituyen, 8 forman parte de los tramos en estudio.

Se ha definido un total de 5 UMEs:

UME	Pk Inicio	Descripción	Pk Fin	Descripción	Longitud
L1 SEV-1	0+000	Desde La parada de metro de Ciudad Expo	0+207	Hasta túnel en Avenida Europa	207m
L1 SEV-2	1+222	Desde túnel en Calle Ronda Cavaleri	3+186	Hasta entrada túnel bajo el Barrio del Monumento en San Juan de Aznalfarache	1 964m
L1 SEV-3	3+540	Desde túnel junto a Plaza de Otto Engelhart	5+496	Hasta túnel en parada Blas Infante	1 956m
L1 SEV-4	12+954	Desde túnel en parada Cocheras	16+088	Hasta túnel próximo a parada Condequinto	3 134m
L1-SEV-5	17+756	Desde salida de túnel en Avenida Condes de Ibarra	18+050	Hasta la parada de metro de Olivar de Quintos	294m

Tabla 1. División en UMEs del ámbito de estudio. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.Ámbito de estudio del MER de la L1 del Metro de Sevilla. Fuente: Elaboración propia.

1.1.2 Metro de Málaga L1

La línea 1 y 2 del metro de Málaga, cuentan con 14,8 km de longitud, y en torno a 2.25 km discurre en superficie (en la L1), constituyendo este el tramo en estudio y localizado en su totalidad en el municipio de Málaga.

La línea 1 del Metro de Málaga, es un ferrocarril metropolitano con características de metro ligero, de vía doble en el tramo en estudio, por tanto, a nivel de modelo se considerará dos ejes, uno para cada sentido.

La velocidad máxima es de 70 km/h, si bien se podría hablar de una velocidad media de 30 km/h.

En el tramo objeto de estudio se localizan 5 paradas: Universidad, Clínico, El Cónsul, Parainfno y Andalucía Atech.

En cuanto a las estructuras singulares, cabe destacar que no existe ningún viaducto en el tramo superficial, ya que los cruces con las carreteras del entorno se realizan a nivel. Como elemento singular solo se consideraría la entrada/salida del túnel a partir del cual la vía transcurre de manera soterrada.

Todo el tramo constituye un única UME:



Figura 3.Ámbito de estudio del MER de la L1 del Metro de Málaga. Fuente: Elaboración propia.

UME	Pk Inicio	Descripción	Pk Fin	Descripción	Longitud
UME L1 MA	154+865	Desde túnel junto a parada Universidad	157+125	Hasta parada de metro Andalucía Tech	2 257m

Tabla 2. División en UMEs del ámbito de estudio. Fuente: Elaboración propia.

1.1.3 Metropolitano de Granada

El Metropolitano cuenta con 15,9 km de longitud, y en torno a 13.2 km discurre en superficie, constituyendo estos los tramos en estudio.

La línea atraviesa los municipios de Armilla, Granada, Maracena y Albolote, presentando en todos ellos tramos en superficie.

El Metropolitano es un ferrocarril metropolitano con características de metro ligero, de doble vía a excepción de un tramo de un poco más de 500 metros en Armilla que tienen vía simple para favorecer la integración urbana.

La velocidad máxima es de 70 kms/hora y 20,6 kms/hora de velocidad media o comercial (incluida parada en estaciones).

De las 26 paradas de metro, 23 forman parte de los tramos en estudio.

A lo largo del recorrido del Metropolitano, se han construido algunas estructuras significativas, como los pasos bajo la Autovía A-44 de circunvalación, tanto en Maracena como en Armilla; y el paso bajo las vías del ferrocarril de Granada - Moreda.

Se han considerado dos UMEs:

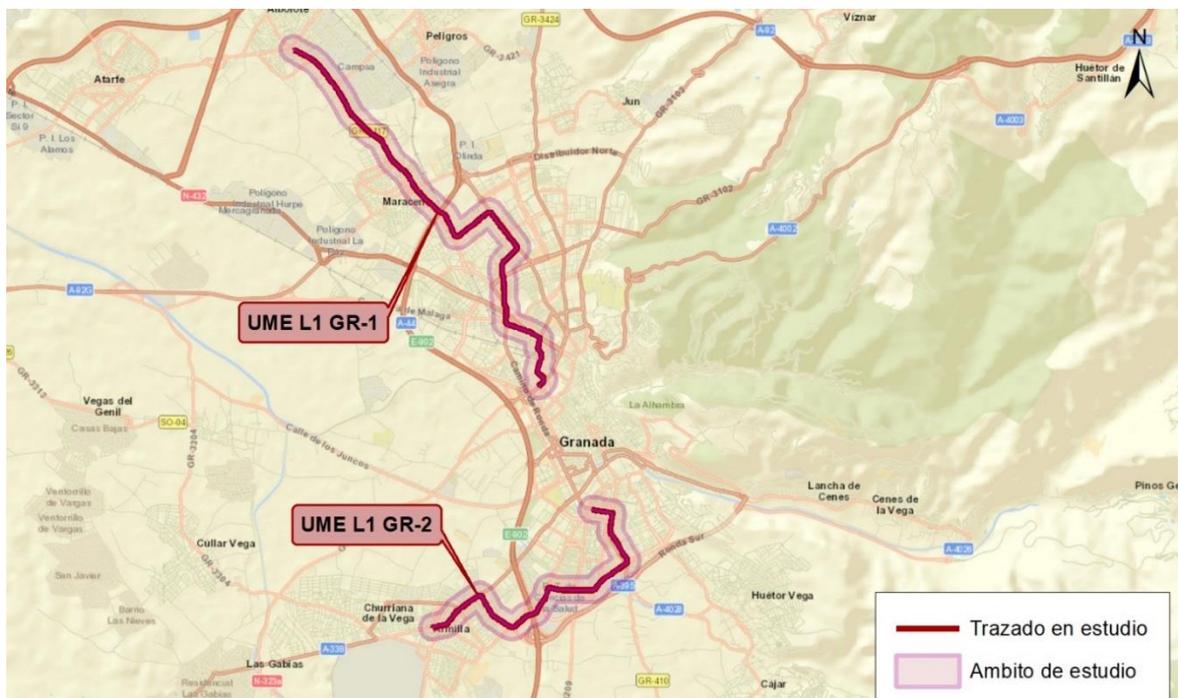


Figura 4.Ámbito de estudio del MER de la L1 del Metropolitano de Granada. Fuente: Elaboración propia.

UME	Pk Inicio	Descripción	Pk Fin	Descripción	Longitud
L1 GR-1	0+000	Desde inicio de vía en Calle Jacobo Camarero	8+313	Hasta Túnel en intersección de la calle Alcalde Yoldi Bereau con Avda. de Fuente Nueva.	8 313m
L1 GR-2	10+644	Desde túnel en Avenida América	15+900	Hasta fin de vía en parada Armilla	5 256m

Tabla 3. División en UMEs del ámbito de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2 Autoridad responsable.

El objetivo es cumplir con la Directiva 49/2002/CE sobre evaluación y gestión ambiental y con la Ley de Ruido 37/2003, que establece que los responsables de las infraestructuras ferroviarias con más de 30.000 circulaciones anuales deben realizar los Mapas estratégicos de ruido.

Por ello el presente estudio se ha realizado a petición de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía (AOPJA), como organismo responsable.

3 Método de cálculo y caracterización de la fuente de ruido

3.1 Modelo de cálculo

El programa informático empleado para la modelización acústica es el software CADNA-A versión 2022, de la firma alemana Datakustik GmbH. Este programa es un referente en la modelización acústica y ha sido validado a nivel europeo ("Guías para el cálculo y medida del ruido de transporte ferroviario 1996") por el Ministerio de Vivienda, Planificación Territorial, 20 de noviembre 1996, recomendado por la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental en su *Anexo II* y por el *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*.

Se aplica lo dispuesto en la Orden PCI/1319/2018 utilizando la metodología CNOSSOS-EU como método de cálculo para infraestructuras ferroviarias.

Para caracterizar el foco emisor se definirán los parámetros relativos tanto al material rodante (modelo, composición, velocidad, etcétera) como los parámetros relativos a la vía (superestructura, traviesas...). Finalmente, se indicarán el número de operaciones que se realizan en un día tipo, para los distintos escenarios de cálculo, así como el periodo horario en el que éstas tienen lugar.

Respecto al material rodante, los parámetros que definen la potencia sonora son:

- Tipo de vehículo.
- Número (real) de ejes.
- Tipo de frenado.
- Elementos reductores del Ruido en las ruedas.

En lo relativo a las vías y estructura portante, los elementos más importantes a definir son:

- La rugosidad del carril – ISO 3095.
- La rigidez de la placa de asiento del carril.
- Medidas reductoras del ruido.
- La base de la vía.
- Las juntas de los carriles.
- Radio de curvatura de la vía.

La potencia sonora generada al paso de un tren sobre la vía ($L_{W,0}$) es representada mediante 2 fuentes lineales ubicadas en el centro de la vía a distinta altura relativa a la cabeza de carril, en concreto, una fuente estará ubicada a 0,5 m ($h=1$) y otra a 4 m ($h=2$).

El nivel de potencia sonora debido a todos los vehículos (tráfico mixto) que circulan por cada tramo de vía se definen por la siguiente expresión:

$$L_{W',eq,T,dir,i} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{x=1}^X 10^{L_{w',eq,line,x}/10} \right)$$

donde,

Tref es el período de tiempo de referencia para el que se considera el tráfico promedio.

x es el número total de combinaciones existentes de i, t, s, c, p para cada tramo de la vía j, siendo:

- i cada banda de frecuencia.
- t es el índice para los tipos de vehículos.
- s es el índice para la velocidad del tren. Tanto como velocidades medias.
- c condiciones de circulación. 1 velocidad cte, 2 (ralentí).
- p para cada tipo de fuente. 1 (rodadura y de impacto), 2 (chirrido en curvas), 3 (tracción), 4 (aerodinámico), 5 (otros efectos).

$L_{W,eq,line,x}$ es el Nivel de potencia sonora direccional x por metro para una fuente lineal de una combinación de t, s, r, p en cada tramo de la vía j.

Para vehículos a velocidad constante ($c=1$), con una velocidad de circulación por hora Q, y velocidad media v, la potencia sonora direccional

por metro será:

$$L_{W',eq,line,i}(\psi,\varphi) = L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi) + 10 \times \lg \left(\frac{Q}{1\,000v} \right)$$

donde,

Q es el número de vehículos por hora en el tramo de vía j, para el tipo de vehículo t, con una velocidad media del tren s.

v es la velocidad en el tramo de la vía j para el tipo de vehículo t y con una velocidad media del tren s.

$L_{W,0,dir}$ es el nivel de potencia sonora direccional del ruido específico de un único vehículo en las direcciones ψ, ϕ definidas con respecto a la dirección en que se mueve el vehículo.

Para el caso de fuente estacionaria, $c = 2$, donde el tren permanece un tiempo T_{idle} en una ubicación dentro de un tramo de vía de longitud L, siendo T_{ref} el período de referencia de evaluación:

$$L_{W',eq,line,i}(\psi,\phi) = L_{W,0,dir,i}(\psi,\phi) + 10 \times \lg\left(\frac{T_{idle}}{T_{ref}L}\right)$$

En general el nivel de potencia sonora direccional se obtiene de cada fuente específica como:

$$L_{W,0,dir,i}(\psi,\phi) = L_{W,0,i} + \Delta L_{W,dir,vert,i} + \Delta L_{W,dir,hor,i}$$

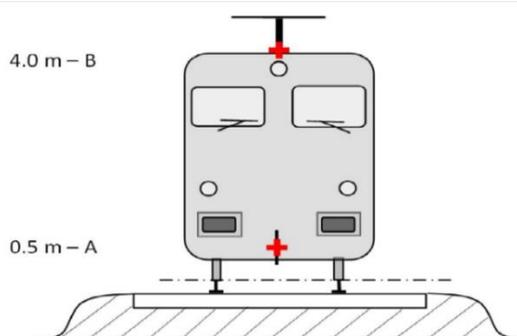
donde,

$\Delta L_{W,dir,vert,i}$ es la función de la corrección por directividad vertical (adimensional) de ψ .

$\Delta L_{W,dir,hor,i}$ es la función de la corrección por directividad horizontal (adimensional) de ϕ .

$L_{W,0,dir,i}(\psi, \phi)$ después de hallarse en bandas de 1/3 de octava se deberá expresar en octava.

Cada una de estas fuentes lineales tienen asociadas distintos fenómenos físicos según el tipo de material rodante:



Alturas relativas de la emisión sonora en un tren. Punto A 0,5 m - h=1. Punto B 4 m - h=2. Fuente: Orden PCI/1319/2018

1.- Ruido de rodadura: Es originado por la rugosidad rueda-carril, el cual es transmitido a través de ambos elementos y de la superestructura. Este ruido se asocia la fuente A.

El nivel de rugosidad suele obtenerse como una longitud de onda λ , y deberá convertirse en una frecuencia mediante la expresión $f=v/\lambda$:

$$L_r = 10 \times \lg\left(\frac{r}{r_0}\right)^2 \text{ dB}$$

donde,

r0 es $1\mu\text{m}$.

r es la r.m.s. de la diferencia del desplazamiento vertical de la superficie de contacto con respecto al nivel medio.

El nivel de rugosidad del carril para la banda de longitud de onda i se define como $L_{r,TR,i}$ y para la rueda como $L_{r,VEH,i}$. El nivel total $L_{R,TOT,i}$, será la suma energética de ambos más el filtro de contacto $A3(\lambda)$, y se define como:

$$L_{R,TOT,i} = 10 \cdot \lg(10^{L_{r,TR,i}/10} + 10^{L_{r,VEH,i}/10}) + A_{3,i}$$

donde se expresa como una función de la banda del número de onda i correspondiente a la longitud de onda λ .

El filtro de contacto depende del tipo de carril, rueda y de la carga.

El nivel de potencia sonora por vehículo se calcula como el $L_{R,TOT,i}$ (en función de la velocidad v del vehículo), las funciones de transferencia de la vía, vehículo e infraestructura $L_{H,TR,i}$, $L_{H,VEH,i}$ y $L_{H,VEH,SUP,i}$ y el número de ejes N_d (para $h=1$):

$$L_{W,O,TR,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,TR,i} + 10 \times \lg(N_d)$$

$$L_{W,O,VEH,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,i} + 10 \times \lg(N_d)$$

$$L_{W,O,VEHSUP,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEHSUP,i} + 10 \times \lg(N_d)$$

donde N_d es el número de ejes por vehículo para el tipo de vehículo t .

2.- Ruido de tracción: Este fenómeno puede suponer un aporte energético en ambas fuentes (A o B), dependiendo de la tipología de tren. Las transmisiones y los motores eléctricos se asociarán a la fuente A, el sistema de escape en vehículos diésel se asocia a la fuente B, otras fuentes de tracción como los ventiladores o los bloques motor diésel pueden estar en la fuente A o B. Si la altura de la fuente se encuentra entre A y B, la energía se distribuirá proporcionalmente sobre ambas.

3.- Ruido aerodinámico: Se asocia parte a la fuente A, en lo relativo a las cubiertas y las pantallas y en la fuente B, en lo relacionado con los aparatos de techo y pantógrafo.

Se debe verificar si es necesario tener esta fuente de emisión a velocidades por encima de los 200 km/h, observando con el ruido de rodadura a dichas velocidades. En velocidades de hasta 250 km/h puede no ser un foco a tener en cuenta, dependiendo del diseño del vehículo.

En nivel de ruido aerodinámico está íntimamente relacionado con la velocidad, según las siguientes expresiones:

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,1,i}(v_0) + \alpha_{1,i} \times \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{dB} \quad \text{Para } h = 1$$

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,2,i}(v_0) + \alpha_{2,i} \times \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{dB} \quad \text{Para } h = 2$$

donde,

v_0 es la velocidad a la que el ruido aerodinámico es dominante, 300 km/h.

$L_{W,0,1,i}$ es el nivel de potencia sonora de referencia para $h=1$, determinada por dos o más puntos de medida, para una altura de fuente conocida, por ejemplo, el primer bogie.

$L_{W,0,2,i}$ es el nivel de potencia sonora de referencia para $h=2$, determinada por dos o más puntos de medida, para una altura de fuente conocida, por ejemplo, el contacto del pantógrafo.

$\alpha_{1,i}$ y $\alpha_{2,i}$ son los coeficientes para $h=1$ y $h=2$, determinada por dos o más puntos de medida, para una altura de fuente conocida (bogie o pantógrafo, respectivamente).

4.- Ruido de impacto: Generado en cruces, cambios y juntas y asociado a la fuente A. Puede ser predominante respecto al ruido de rodadura. No se considera en tramos de vía con una velocidad inferior a 50 km/h.

El ruido de impacto se incluye en el ruido de rodadura (suma energética) cuando se considera pertinente. El nivel de ruido de impacto dependerá de la gravedad y del número de impactos por unidad de longitud, según la siguiente expresión:

$$L_{R,IMPACT,i} = L_{R,IMPACT-SINGLE,i} + 10 \times \lg\left(\frac{n_l}{0,01}\right)$$

donde,

$L_{R,IMPACT-SINGLE,i}$ es el nivel de rugosidad del impacto para un único impacto y n_l es el número de uniones por unidad de longitud.

El nivel de rugosidad del impacto de referencia $n_l = 0,01 \text{ m}^{-1}$, que es una unión por cada 100 m de vía.

Como valor por defecto se utilizará $n_l = 0,01 \text{ m}^{-1}$.

5.- Chirridos: Se relaciona con la curvatura de la vía y se asocia a la fuente A.

Se determina para curvas con un radio ≤ 500 m. De manera simplificada se puede considerar el ruido de los chirridos del siguiente modo:

Radio de curvatura (R)	Incremento de nivel (dB)
$300 \text{ m} < R \leq 500 \text{ m}$	5
$R \leq 300 \text{ m}$	8

Fuente: PCI/1319/2018

La contribución del chirrido se aplicará a los tramos de vías en los radios mencionados al menos durante 50 m de longitud de la vía.

Otros efectos pueden ser correcciones asociadas a radiaciones por estructuras como puentes y viaductos en los cuales es necesario tener en cuenta el ruido adicional generado por la vibración de dichas estructuras por la excitación ocasionada por el evento del paso del tren. Este incremento se modelizará incorporando un aumento fijo de la potencia sonora para cada banda de tercio de octava.

3.2 Parámetros del cálculo acústico

El presente apartado describe las condiciones de los elementos que son objeto de modelización, y se fijan las condiciones que influyen en la propagación del sonido en exteriores a la hora de efectuar los cálculos acústicos en el software.

Finalmente se detallan aspectos de la configuración que son específicos del tipo de cálculo a realizar: mapas de niveles sonoros (isófonas) o de niveles en receptores en fachadas (exposición).

Características acústicas de los elementos objeto de modelización

- Líneas topográficas: se considerarán todas las líneas de terreno como elementos difractantes.
- Se ha considerado el terreno base como absorbente ($G=1,00$), y se han utilizado unos polígonos de zonas de absorción reflectantes ($G=0,00$), correspondientes a las delimitaciones de las zonas urbanizadas.
- Edificios: se han considerados totalmente reflectantes.

Condiciones que afectan a la propagación del sonido en exteriores

- Distancia mínima de propagación del sonido desde el foco: se ha considerado una distancia de 2.000 m.
- Orden de reflexión, se ha considerado un orden de reflexión igual a 1.

- Condiciones de propagación: Siguiendo las recomendaciones del grupo de trabajo europeo WG-AEN, se han considerado los siguientes porcentajes de ocurrencia de condiciones favorables a la propagación del ruido:
 - Periodo día: 50%
 - Periodo tarde: 75%
 - Periodo noche: 100%

Condiciones específicas asociadas al tipo de cálculo

- Tamaño de la malla de cálculo en los mapas de niveles sonoros (isófonas): se han realizado todos los cálculos para la definición del mapa de isófonas con un tamaño de malla de 10 x 10 m.
- Ubicación de los receptores en los mapas de niveles en receptores en fachadas de edificios: Cada receptor se ha localizado lo más próximo posible a la fachada, considerando un máximo de separación de 0,05 metros.
- Altura de los receptores: 4 m respecto del suelo.

Tablas de exposición

Para la obtención de los resultados de población se ha realizado en CADNA el cálculo de niveles en fachada, acorde a lo establecido en el método CNOSSOS.

Para calcular el número de viviendas y de habitantes expuestos a la fuente de ruido, los puntos del receptor se han colocado aproximadamente a 0,1 m delante de las fachadas de los edificios residenciales.

Para colocar los puntos del receptor cada fachada se divide en intervalos regulares:

- Los segmentos con una longitud de más de 5 m se dividen en intervalos regulares de la máxima longitud posible, pero inferior o igual a 5 m. los puntos del receptor se colocan en el medio de cada intervalo regular.
- Los demás segmentos por encima de una longitud de 2,5 m se representan mediante un punto del receptor en el medio de cada segmento.
- Los demás segmentos adyacentes con una longitud total de más de 5 m se tratan como objetos de varias líneas de manera similar a lo descrito en los dos puntos anteriores.

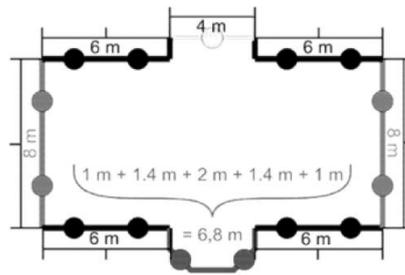


Figura 5. Ejemplo de ubicación de puntos del receptor alrededor de un edificio dividiendo la fachada en intervalos regulares.

Para la asignación de viviendas y habitantes a cada receptor, se atiende a lo dispuesto en la Directiva Delegada (UE) 2021/1226 de la Comisión de 21 de diciembre de 2020 por la que se modifica, para adaptarlo al progreso científico y técnico, el anexo II de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en cuanto a los métodos comunes para la evaluación del ruido.

Dado que se desconoce cuántas fachadas de las viviendas están expuestas al ruido, el conjunto de ubicaciones del receptor asociadas a cada edificio debe dividirse en una mitad superior y una mitad inferior en función de la mediana de los niveles de evaluación calculados para cada edificio. Para cada punto del receptor ubicado en la mitad superior del conjunto de datos, el número de viviendas y de habitantes debe distribuirse de manera uniforme, de modo que la suma de todos los puntos del receptor en la mitad superior del conjunto de datos represente el número total de viviendas y de habitantes. No se asignarán viviendas ni habitantes a los receptores situados en la mitad inferior del conjunto de datos.

3.3 Caracterización de la fuente de estudio

La caracterización acústica del ruido ferroviario generado por las líneas en estudio se ha basado en una selección de los valores que ofrece el método por defecto para estos parámetros.

La siguiente tabla recoge los parámetros asociados a los vehículos en el modelo de simulación acústica, destacando que no se ha considerado ninguna medida antiruido en el modelo de predicción.

3.3.1 Metro de Sevilla L1

Parámetro	Valor	Observaciones
Modelo material móvil	---	Se trata de unidades móviles del modelo URBOS II de CAF
Velocidad máxima	10- 70 km/h	La velocidad oscila según tramo recorrido
Nº Ref. Ejes	6	Ruedas independientes con puente montado (no es eje enterizo)
Ruido de tracción - Motor	Unidad Múltiple eléctrica	Es la opción que más se aproxima. La realidad es que la unidad está equipada con dos inversores de tracción que adaptan la corriente suministrada por la red para el funcionamiento regulable de los 8 motores de tracción asíncronos de corriente trifásica.
Rugosidad de la rueda	Freno de Disco	
Filtro de contacto	Carga por rueda 50 kN - diámetro de rueda 360 mm	El valor nominal aplicado por disco de freno es 30 KN. El diámetro exterior del disco de freno es 380 mm. Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas.
Función de Transferencia de la rueda	Diámetro de Rueda 680 mm	El diámetro de rueda en el punto de rodadura está comprendido entre 510 mm y 590 mm. Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas.
Medida de la rueda	n sin medida	-
Ruido aerodinámico	No	No se consideran valores de ruido aerodinámico en sistemas que con velocidades inferiores a 200 km/h.
Rugosidad de la vía	Normalmente mantenido y liso	-
Función de transferencia de la vía	Travesía bibloque sobre almohadilla de carril suave ó Travesía bibloque sobre almohadilla de carril media.	No se incluye ninguna opción que se ajuste a la realidad instalada, si bien, podría asimilarse a travesía bibloque sobre almohadilla de carril suave en zonas con bloque Edilon o Fijación Directa Superelástica y a travesía bibloque sobre almohadilla con carril de rigidez media en el resto de casos
Ruido de impacto	En 5 ubicaciones	Solo se ha considerado aquellos aparatos de vías donde la velocidad de circulación es superior a los 50 km/h.
Chirrido	No aplica	No se ha considerado, ya que Metro de Sevilla cuenta son sistemas de engrase en pestaña y en cabeza de carril, siendo éste último destinado específicamente para atenuación de ruido.
Corrección de la radiación estructural	No aplica	Dada la inexistencia de puentes o viaductos con estructura metálica en los que el carril esté directamente unido a la estructura del puente. no es de aplicación la corrección de la radiación estructural.

Con base en los horarios y **frecuencias** de paso publicados en la web <https://www.metro-sevilla.es/horarios-y-tarifas> se ha estimado una frecuencia media :

Periodo	L1 Metro Sevilla
Día	115
Tarde	31
Noche	6

Tabla 4. Frecuencias introducidas en el modelo de cálculo para cada sentido. Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Metro de Málaga L1

Parámetro	Valor	Observaciones
Modelo material móvil	---	Se trata de unidades móviles del modelo URBOS III de CAF, dotado con el sistema ACR.
Velocidad máxima	35 – 50 km/h	La velocidad oscila según tramo recorrido (ver imagen adjunta)
Nº Ref. Ejes	6	No existen ejes como tales. Las unidades formadas por composiciones de 5 coches disponen de 3 bogies por UT en C1, C2 y R, por lo que dispone de 2 bogies motor y 1 bogie remolque.-
Ruido de tracción – Motor	Unidad Múltiple eléctrica	
Rugosidad de la rueda	Freno de Disco	
Filtro de contacto	Carga por rueda 50 kN – diámetro de rueda 680 mm	Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas (590 mm).
Función de Transferencia de la rueda	Diámetro de Rueda 680 mm	Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas (590 mm).
Medida de la rueda	n sin medida	-
Ruido aerodinámico	No	No se consideran valores de ruido aerodinámico en sistemas que con velocidades inferiores a 200 km/h.
Rugosidad de la vía	Normalmente mantenido y liso	-
Función de transferencia de la vía	Travesía monobloque sobre almohadilla de carril suave. Se ha considerado Vía enlosada	Bloques Edilon en tramo de túnel y de rail embebido con enchaquetado aislante en el tramo superficie..
Ruido de impacto	No aplica	Existe un desvío para la maniobra de cabecera en A.Tech , para pasar de vía 2 a vía 1, al salir de esta parada con sentido Paraninfo. Se trata de desvíos R25 tg 1:4, que implica una velocidad de paso reducida, del orden de 15 km/h. Por tanto dada la velocidad reducida, tal como se aconseja en el método no se ha tenido en cuenta
Chirrido	No aplica	Hay una única curva, de radio aprox. 300m, entre las paradas Universidad y Clínico. Hasta la fecha, los equipos embarcados de lubricación de pestaña son suficientes para que de manera general no se aprecien chirridos
Corrección de la radiación estructural	No aplica	Dada la inexistencia de puentes o viaductos no es de aplicación la corrección de la radiación estructural.

Con base en los horarios y frecuencias de paso facilitadas por la concesionaria y que se expone a continuación se ha estimado una frecuencia medida de vehículos. Esta frecuencia se mantiene para el año en curso (2022) sin cambios.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. METROPOLITANO DE GRANADA

SERVICIO REGULAR INVIERNO (2020)				
Día	Servicio	Horario	Intervalo	UTs
L-J (Enero-Mayo y Octubre - Diciembre)	S1	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 13:00	7.5	8
		13:00 - 15:00	6	10
		15:00 - 20:30	7.5	8
V (Enero-Mayo y Octubre - Diciembre)	S2	20:30 - 23:00	10	6
		6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 13:00	7.5	8
		13:00 - 15:00	6	10
S	S3	15:00 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
		23:00 - 01:30	15	4
D y F	S4	7:00 - 23:00	10	6

SERVICIO REGULAR VERANO 1 (2020)				
Día	Servicio	Horario	Intervalo	UTs
Verano L-J (Junio y Septiembre)	S11	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 23:00	10	6
Verano V (Junio y Septiembre)	S12	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
		23:00 - 01:30	15	4
S	S3	7:00 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
D y F	S4	7:00 - 23:00	10	6

SERVICIO REGULAR VERANO 2 (2020)				
Día	Servicio	Horario	Intervalo	UTs
Verano L-J (Julio y Agosto)	S21	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 23:00	10	6
Verano V (Julio y Agosto)	S22	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
S	S3	23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 22:00	10	6
D y F	S4	22:00 - 23:00	12	5
		23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 23:00	10	6

Figura 6. Frecuencia de paso. Fuente: Metro de Málaga

A continuación, se expone la frecuencia utilizada en el modelo de cálculo (para cada sentido de circulación):

Periodo	Línea 1 Metro Málaga
Día	94
Tarde	26
Noche	4

Tabla 5. Frecuencias introducidas en el modelo de cálculo para cada sentido. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Metropolitano de Granada

Parámetro	Valor	Observaciones
Modelo material móvil	---	Se trata de unidades móviles del modelo URBOS III de CAF, dotado con el sistema ACR.
Velocidad máxima	15- 50 km/h	La velocidad oscila según tramo recorrido
Nº Ref. Ejes	6	No existen ejes como tales. Las unidades formadas por composiciones de 5 coches disponen de 3 bogies por UT en C1, C2 y R, por lo que dispone de 2 bogies motor y 1 bogie remolque.-
Ruido de tracción - Motor	Unidad Múltiple eléctrica	
Rugosidad de la rueda	Freno de Disco	
Filtro de contacto	Carga por rueda 50 kN - diámetro de rueda 680 mm	Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas (590 mm).
Función de Transferencia de la rueda	Diámetro de Rueda 680 mm	Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas (590 mm).
Medida de la rueda	n sin medida	-
Ruido aerodinámico	No	No se consideran valores de ruido aerodinámico en sistemas que con velocidades inferiores a 200 km/h.
Rugosidad de la vía	Normalmente mantenido y liso	-
Función de transferencia de la vía	Travesía monobloque sobre almohadilla de carril suave. Se ha considerado Vía enlosada	La plataforma tranviaria de Metropolitano de Granada está formada por carriles de garganta Ri60N soldados que se colocan embutidos en una losa de hormigón armado situándose a la misma cota que la superficie de acabado, por lo que las vías pueden ser atravesadas por otros medios de transporte en los lugares previstos para ello. La plataforma dispone de doble sistema de atenuación de ruidos y vibraciones producidas por el paso del material rodante que consiste en la envolvente del carril mediante un material elastomérico llamado corkelast, de características atenuantes de vibraciones, así como la disposición de una manta elastomérica de iguales propiedades que envuelve la losa de hormigón de la plataforma de vía
Ruido de impacto	No aplica	La velocidad en las zonas de desvíos no supera los 50 km/h, por tanto, no se aplica este parámetro.
Chirrido	No aplica	No se ha considerado, ya que además de tres engrasadores automáticos (curvas de curva Avda. Profesor Domínguez Ortiz, Andrés Segovia y Aristóteles), se aplican engrases manuales semanales (2 veces) de vía en todas las curvas del Metropolitano de Granada.
Corrección de la radiación estructural	No aplica	Dada la inexistencia de puentes o viaductos no es de aplicación la corrección de la radiación estructural.

Frecuencia

Con base en los horarios y frecuencias de paso facilitadas por la concesionaria y que se expone a continuación se ha estimado una frecuencia medida de vehículos.

INVERNO					VERANO					TODO EL AÑO				
		Intervalo de paso (min)					Intervalo de paso (min)					Intervalo de paso (min)		
		Laborables L-J		Labores Meses y viéses Restivo			Laborables L-J		Labores Meses y viéses Restivo			sábados	domingos y Festivos	
6:30	a	7:30	15	15	6:30	a	7:30	15	15	6:30	a	8:30	15	15
7:30	a	8:30	8	8	7:30	a	8:30	10	10	8:30	a	9:30	15	15
8:30	a	9:30	8	8	8:30	a	9:30	10	10	9:30	a	10:30	10	10
9:30	a	10:00	8	8	9:30	a	10:30	10	10	10:30	a	11:30	10	10
10:00	a	11:30	10	10	10:30	a	11:30	10	10	11:30	a	12:30	10	10
11:30	a	12:30	10	10	11:30	a	12:30	10	10	12:30	a	13:30	10	10
12:30	a	13:30	10	10	12:30	a	13:30	10	10	13:30	a	14:30	10	10
13:30	a	14:30	8	8	13:30	a	14:30	10	10	14:30	a	15:30	10	10
14:30	a	15:30	8	8	14:30	a	15:30	10	10	15:30	a	16:30	10	10
15:30	a	16:30	8	8	15:30	a	16:30	10	10	16:30	a	17:30	10	10
16:30	a	17:30	8	8	16:30	a	17:30	10	10	17:30	a	18:30	10	10
17:30	a	18:30	8	8	17:30	a	18:30	10	10	18:30	a	19:30	10	10
18:30	a	19:30	8	8	18:30	a	19:30	10	10	19:30	a	20:30	10	10
19:30	a	20:30	8	8	19:30	a	20:30	10	10	20:30	a	21:30	15	15
20:30	a	21:30	15	15	20:30	a	21:30	15	15	21:30	a	22:30	15	15
21:30	a	22:30	15	15	21:30	a	22:30	15	15	22:30	a	23:00	15	15
22:30	a	23:00	15	15	22:30	a	23:00	15	15	23:00	a	0:30	30	30
23:00	a	0:30	Sn servicio	30	23:00	a	0:30	Sn servicio	30	0:30	a	0:30	30	30
0:30	a	2:00	Sn servicio	30	0:30	a	2:00	Sn servicio	30					

Figura 7. Frecuencia de paso. Fuente: Metro de Granada

A continuación, se expone la frecuencia utilizada en el modelo de cálculo (para cada sentido de circulación):

Periodo	Metropolitano Granada
Día	82
Tarde	21
Noche	4

Tabla 6. Frecuencias introducidas en el modelo de cálculo para cada sentido. Fuente: Elaboración propia.

4 RESULTADOS

4.1 Metro de Sevilla L1

4.1.1 UME L1 SEV-1

4.1.1.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	-	-	-	-	-	-	-
Le	-	-	-	-	-	-	-
Ln	-	-	-	-	-	-	-
Lden	-	-	-	-	-	-	-

4.1.1.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afectación Sev					
Lden	Superficie(km2)	Nº persona (centenas)	Viviendas (centenas)	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,0068930	-	-	-	-
>65	0,0008760	-	-	-	-
>75	-	-	-	-	-

4.1.2 UME L1 SEV-2

4.1.2.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	8	4	-	-	-	-	-
Le	8	4	-	-	-	-	-
Ln	-	-	-	-	-	-	-
Lden	9	5	1	-	-	-	-

4.1.2.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afectación					
Lden	Superficie(km2)	Nº persona (centenas)	Viviendas (centenas)	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,1316620	1	1	1	-
>65	0,0040120	-	-	-	-
>75	-	-	-	-	-

4.1.3 UME L1 SEV-3

En la presente UME solo el municipio de Sevilla constituye una aglomeración.

4.1.3.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	-	-	-	-	-	-	-
Le	-	-	-	-	-	-	-
Ln	-	-	-	-	-	-	-
Lden	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afectación					
Lden	Superficie(km2)	Nº persona (centenas)	Viviendas (centenas)	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,069243	-	-	1	-
>65	0,000251	-	-	-	-
>75	-	-	-	-	-

4.1.4 UME L1 SEV-4

En la presente UME solo el municipio de Sevilla constituye una aglomeración.

4.1.4.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	-	-	-	-	-	-	-
Le	-	-	-	-	-	-	-
Ln	-	-	-	-	-	-	-
Lden	-	-	-	-	-	-	-

4.1.4.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afectación					
Lden	Superficie(km2)	Nº persona (centenas)	Viviendas (centenas)	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,150514	-	-	-	-
>65	0,002079	-	-	-	-
>75	0,000015	-	-	-	-

4.1.5 UME L1 SEV-5

En la presente UME tanto el municipio de Sevilla como el municipio de Dos Hermanas.

4.1.5.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	-	-	-	-	-	-	-
Le	-	-	-	-	-	-	-
Ln	-	-	-	-	-	-	-
Lden	-	-	-	-	-	-	-

4.1.5.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afectación					
Lden	Superficie(m2)	Nº persona	Viviendas	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,020112	-	-	-	-
>65	0,000135	-	-	-	-
>75	-	-	-	-	-

4.2 Metro de Málaga L1

El municipio de Málaga constituye una aglomeración.

4.2.1.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	-	-	-	-	-	-	-
Le	-	-	-	-	-	-	-
Ln	-	-	-	-	-	-	-
Lden	-	-	-	-	-	-	-

4.2.1.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afectación					
Lden	Superficie(km2)	Nº persona (centenas)	Viviendas (centenas)	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,130656	-	-	2	-
>65	-	-	-	-	-
>75	-	-	-	-	-

4.3 Metropolitano de Granada

4.3.1 UME L1 GR-1

En la presente UME solo el municipio de Granada constituye una aglomeración.

4.3.1.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	6	7	7	-	-	-	-
Le	6	7	6	-	-	-	-
Ln	6	0	0	-	-	-	-
Lden	6	6	9	-	-	-	-

Tabla 7. Datos de población (centenas) expuesta en la UME

4.3.1.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afectación					
Lden	Superficie(km2)	Nº persona (centenas)	Viviendas (centenas)	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,281941	16	8	-	1
>65	0,000340	-	-	-	-
>75	-	-	-	-	-

4.3.2 UME L1 GR-2

En la presente UME solo el municipio de Granada constituye una aglomeración.

4.3.2.1 Niveles sonoros y población expuesta fuera de aglomeraciones

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	>70
Ldia	4	5	6	-	-	-
Ltarde	4	5	6	-	-	-
Lnoche	5	-	-	-	-	-
Lden	4	5	7	-	-	-

4.3.2.2 Área total, viviendas y población expuesta (Lden).

Zonas de afección					
Lden	Superficie(m2)	Nº persona	Viviendas	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	0,152809	12	6	1	-
>65	-	-	-	-	-
>75	-	-	-	-	-