



EFFECTOS EN EL CÁLCULO DE POBLACIÓN EXPUESTA EN FUNCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ASIGNACIÓN DE EDIFICIOS Y POBLACIÓN A RECEPTORES ACÚSTICOS. CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE LAS RELACIONES DOSIS EFECTO DE LA OMS.

Ignacio Soto Molina. CEDEX & UPM

Nuevos retos en la elaboración de mapas de ruido (ST-28)

#CONAMA2022

 **CONAMA2022**

21
NOV

24
NOV

PALACIO MUNICIPAL
DE IFEMA, MADRID

CONAMA2022.ORG

Índice

- 01** Introducción
- 02** Distribución de viviendas y población a receptores
- 03** Diferencias en la estimación de población expuesta
- 04** Estudio de caso hipotético
- 05** Relaciones dosis efecto
- 06** Conclusiones



01 INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En la Cuarta Fase de aplicación de la Directiva END, se han producido cambios en los métodos de cálculo, evaluación de población expuesta, y estimación de efectos del ruido en la salud, que implican ciertos retos en su aplicación.

En esta ponencia, se exponen sucintamente algunos aspectos relativos a:

- Distribución de población y viviendas en receptores
- Distribución de receptores en el entorno del edificio
- Distribución de receptores a diferentes alturas
- Aplicación de Relaciones Dosis Efecto de la OMS, para evaluación de los efectos del ruido en la salud.

02

DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS Y POBLACIÓN A RECEPTORES DE FACHADA

Distribución de viviendas y población a receptores de fachada (I)

La Directiva Delegada (UE) 2021/1226, transpuesta al ordenamiento jurídico español a través de la Orden PCM/80/2022, de 7 de febrero, por la que se modifica el anexo II 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, modifica los criterios de asignación de viviendas y población a receptores.

Establece dos situaciones posibles:

- Situación 1. Se conoce la distribución de las viviendas en la planta del edificio
- Situación 2: No se conoce dicha distribución. A su vez pueden darse dos casos diferenciados:
 - o Caso 1: La información disponible permite determinar que las viviendas del edificio tienen una sola fachada expuesta al ruido
 - o Caso 2: Se desconoce el número de fachadas que las viviendas tienen expuestas al ruido, o se conoce que el número de fachadas expuestas de las viviendas es mayor a la unidad.

Distribución de viviendas y población a receptores de fachada (II)

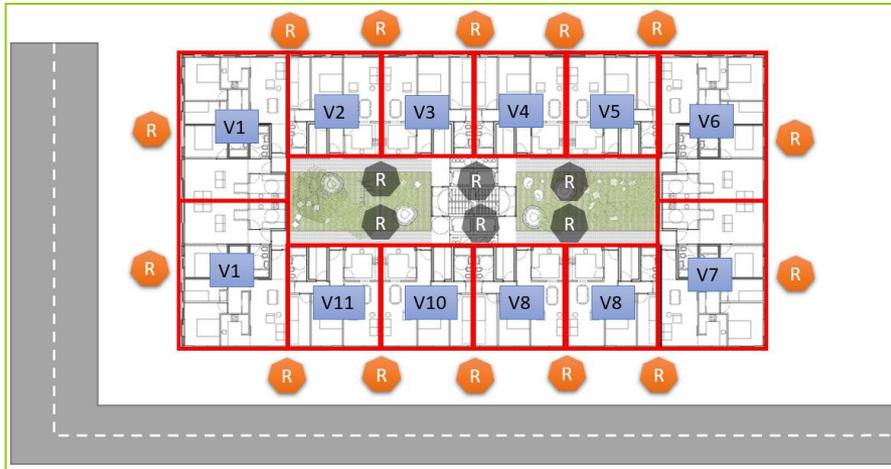
En función de estas posibles situaciones, se establecen los siguientes criterios de asignación de viviendas y receptores a los edificios:

- **Situación 1.** Se asignan las viviendas y su población a receptores de fachada localizados en la fachada más expuesta de la vivienda.
- **Situación 2. Caso 1:** Se utiliza el mismo criterio que en las fases anteriores, asignando la población ponderadamente a la longitud de fachada que representa el receptor.
- **Situación 2. Caso 2:** Se debería seguir el siguiente procedimiento:
 - o Determinar la mediana del nivel de ruido calculado en los receptores.
 - o En caso de que sean impares, se excluye el receptor que recibe el menor nivel de ruido para el proceso.
 - o Se seleccionan únicamente la mitad superior, respecto de la mediana de ruido, de los receptores.
 - o Se asignan, de forma homogénea, las viviendas y su población a los receptores seleccionados.

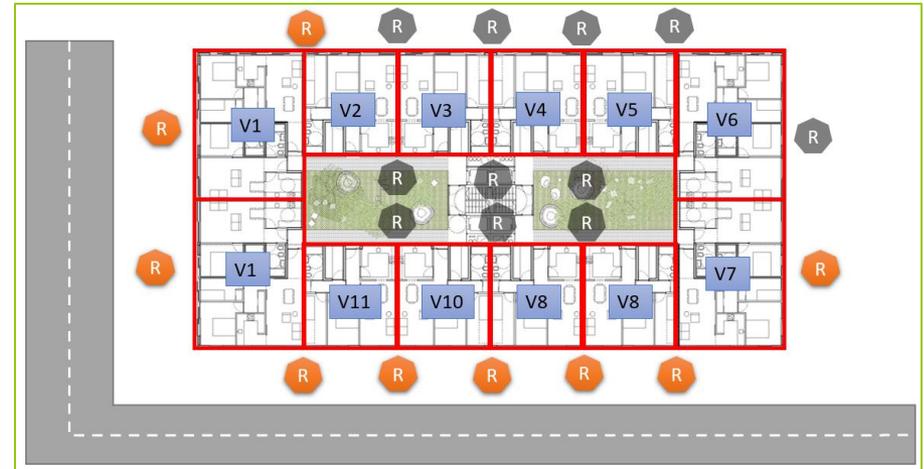
03

**DIFERENCIAS EN EL RESULTADO
DEL CÁLCULO DE POBLACIÓN
EXPUESTA SEGÚN EL MÉTODO
SELECCIONADO**

Diferencias en la estimación de población expuesta (I)



Situación 2 Caso 1 (Método 1)

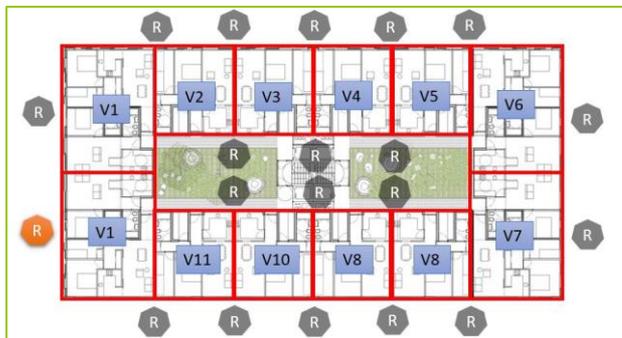


Situación 2 Caso 2 (Método 2)



Zona de estudio	Población total estudiada	Pob. Afectada Lden > 65 Método 1	Pob. Afectada Lden > 65 Método 2	% incremento método 2 s./ método 1
Zona 1	1364	153	288	88,14%
Zona 2	637	54	99	85,71%
Zona 3	9071	665	1264	90,04%
Zona 4	5910	280	428	52,95%
			Incremento medio	79,21%

Diferencias en la estimación de población expuesta (II). Modo aéreo



Zona de estudio	Población total estudiada	Pob. Afectada Lden > 65 Método aéreo	Pob. Afectada Lden > 65 Método 1	% reducción método 1 s./ método aéreo
Zona 1	1364	470	153	67,47%
Zona 2	637	148	54	63,84%
Zona 3	9071	1540	665	56,83%
Zona 4	5910	748	280	62,56%
			Reducción media	62,68%

Zona de estudio	Población total estudiada	Pob. Afectada Lden > 65 Método aéreo	Pob. Afectada Lden > 65 Método 2	% reducción método 2 s./ método aéreo
Zona 1	1364	470	288	38,80%
Zona 2	637	148	99	32,85%
Zona 3	9071	1540	1264	17,96%
Zona 4	5910	748	428	42,73%
			Reducción media	33,08%

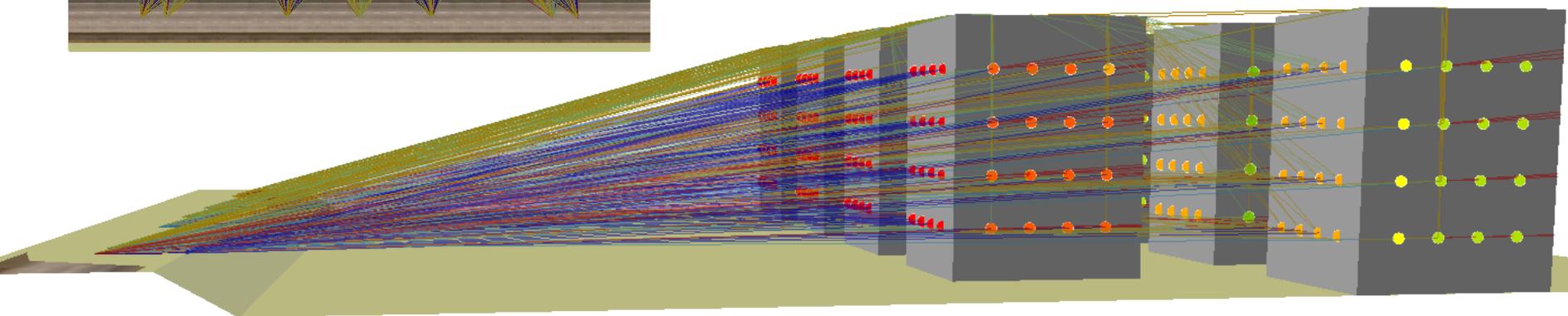
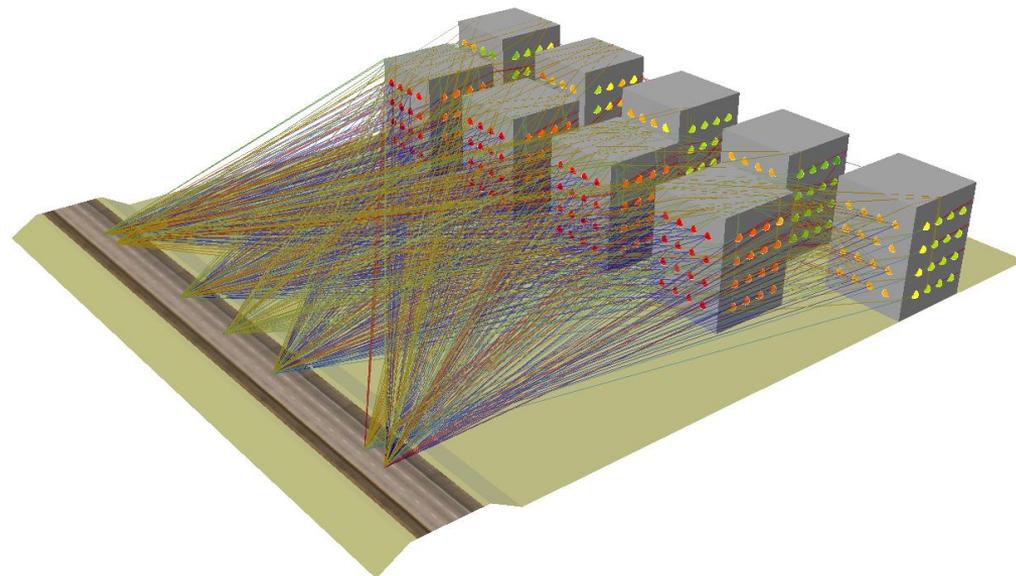
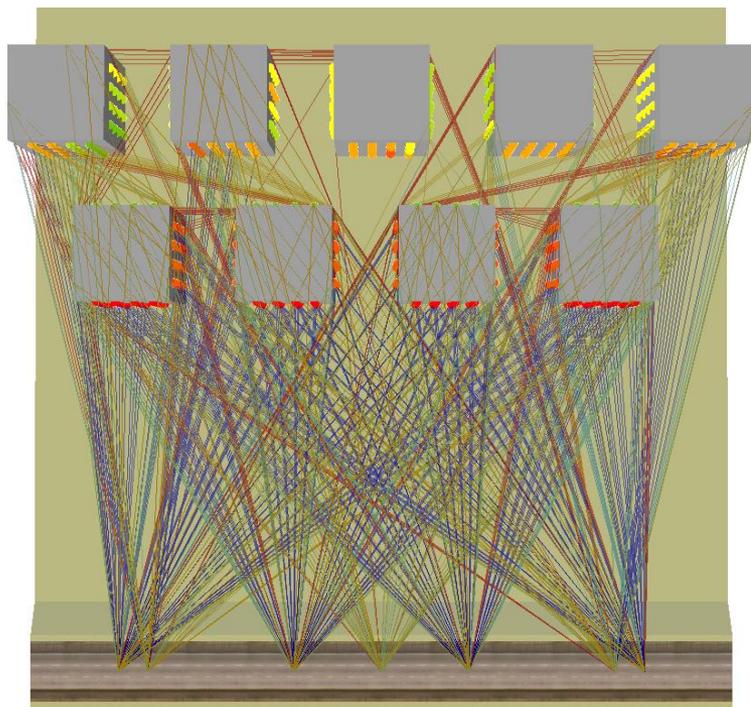
La Directiva Delegada (UE) 2021/1226 :

“A fin de calcular el número de viviendas y habitantes expuestos al ruido de aeronaves, se asocian todos los habitantes y viviendas de un edificio al receptor que más ruido registra dentro del propio edificio o, en caso de no haberlo, en la cuadrícula que lo rodea.”

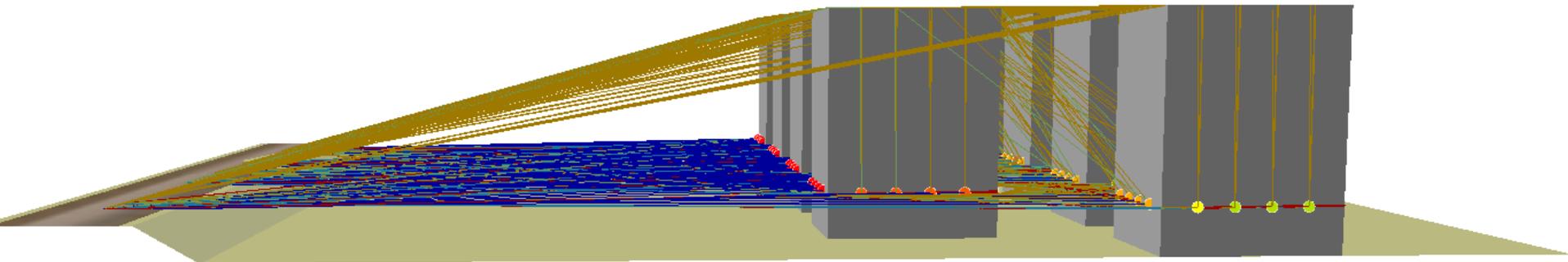
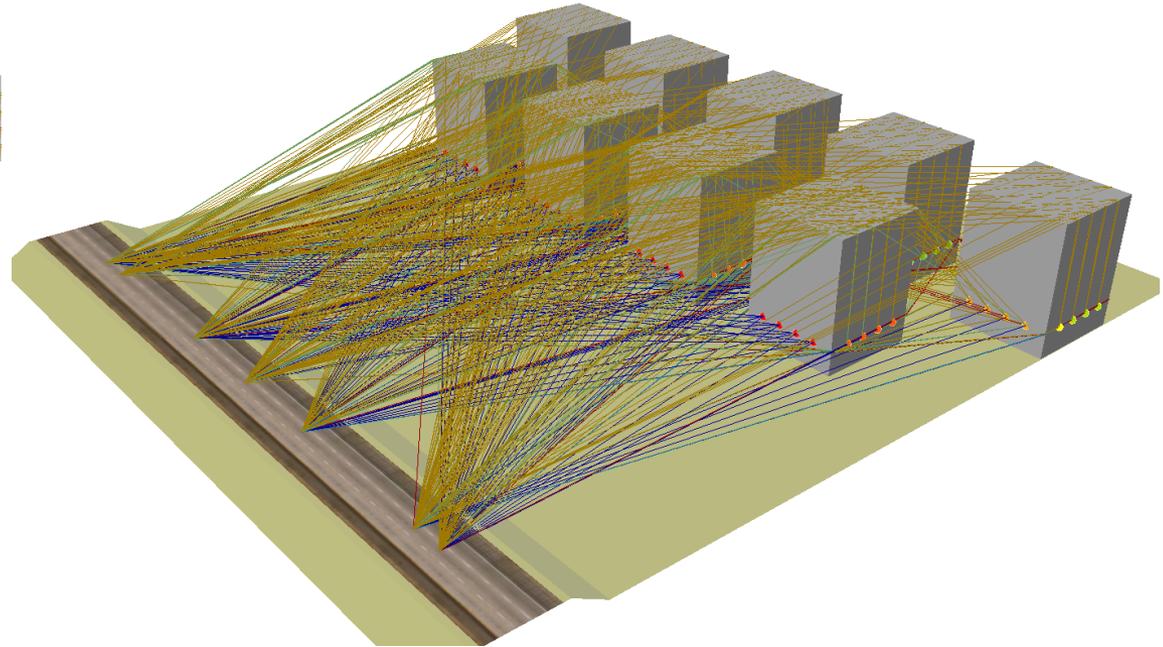
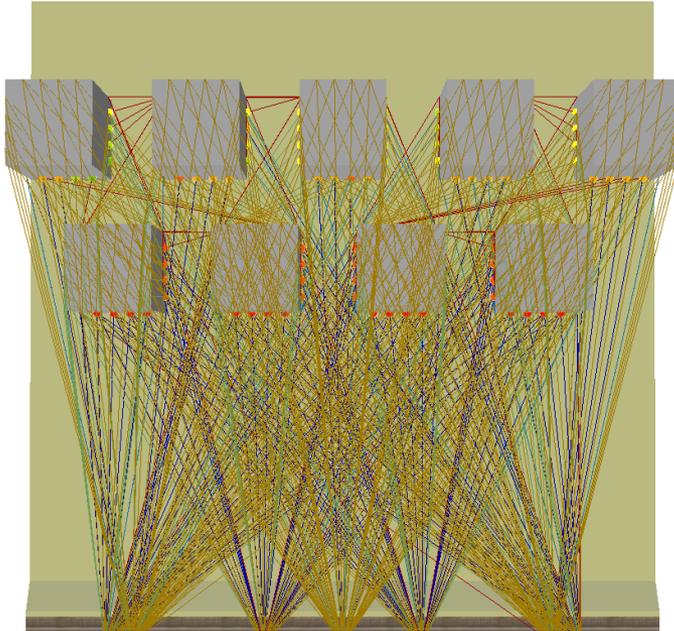
04

ESTUDIO DE CASO HIPOTÉTICO

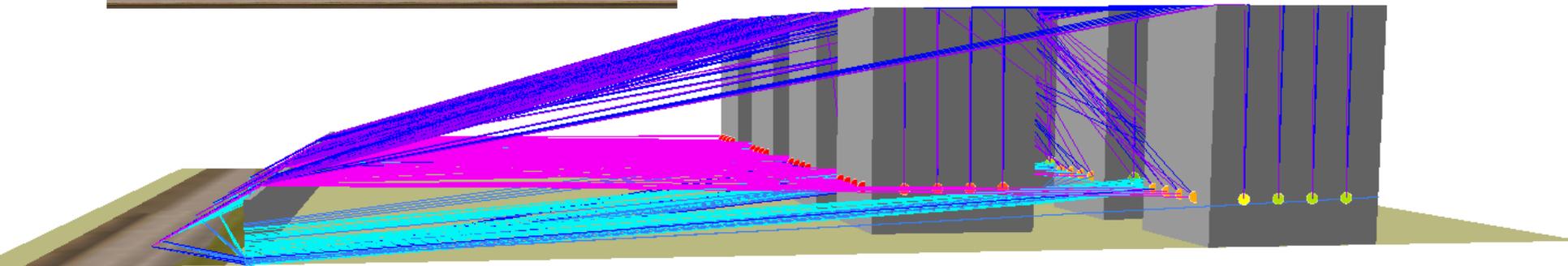
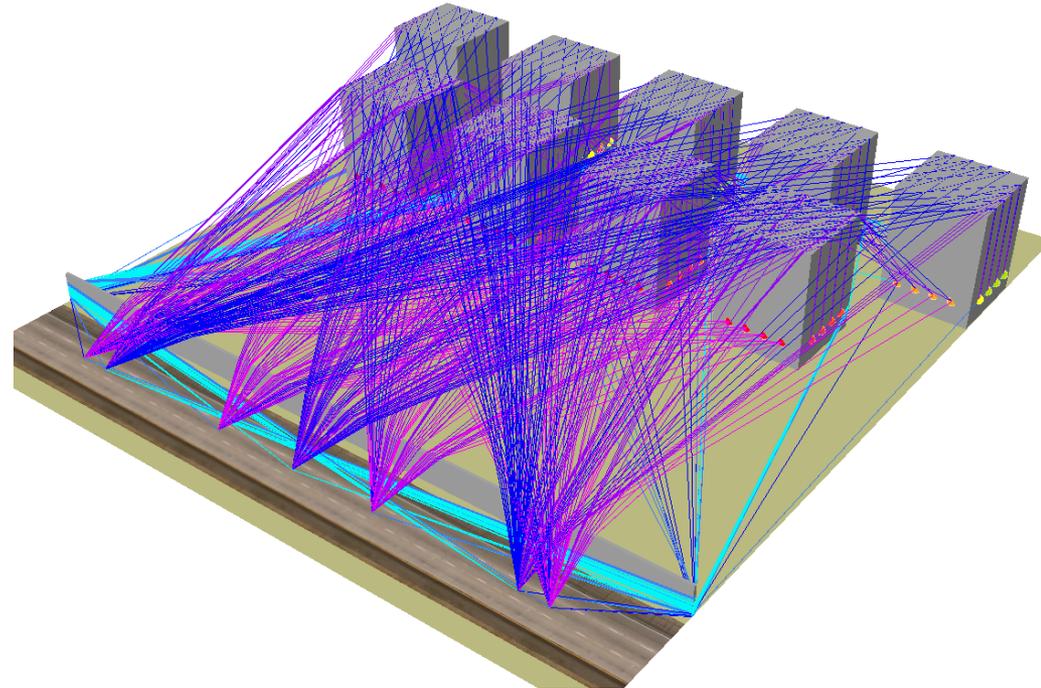
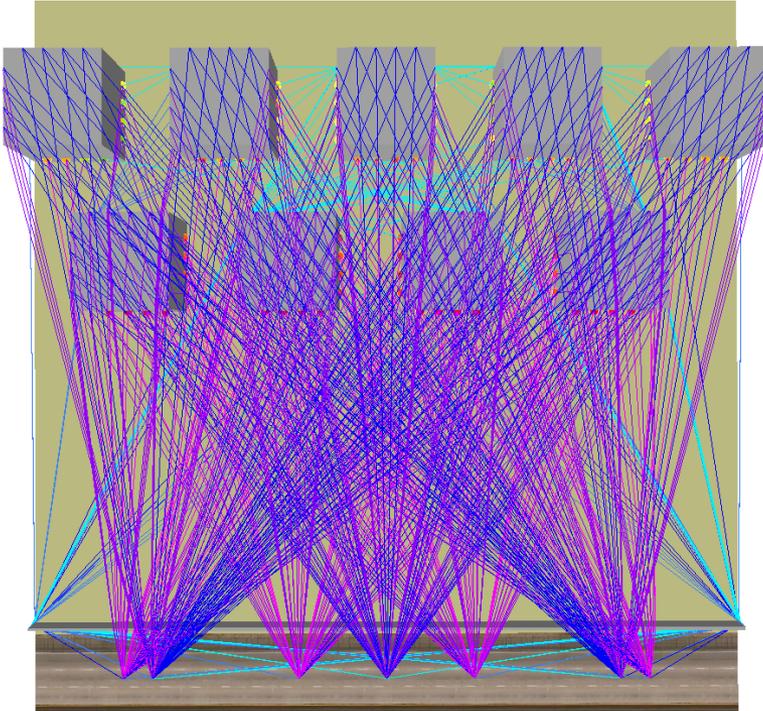
CÁLCULO RECEPTORES TODAS LAS ALTURAS



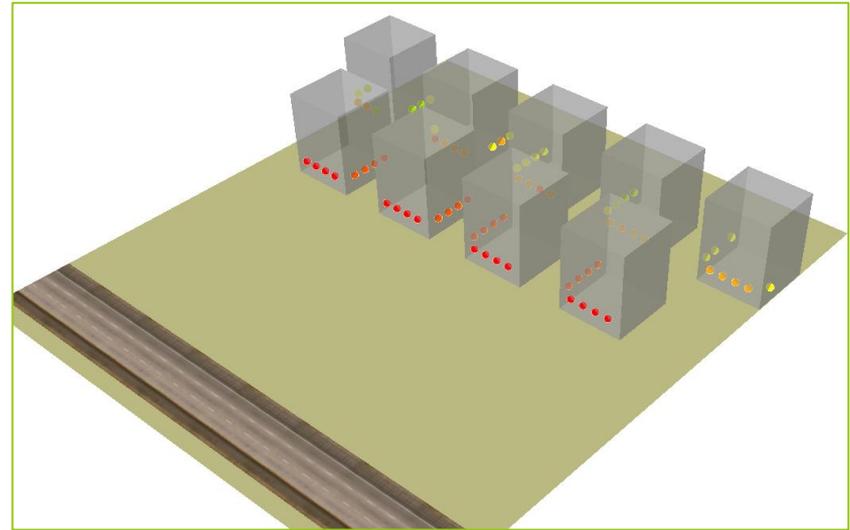
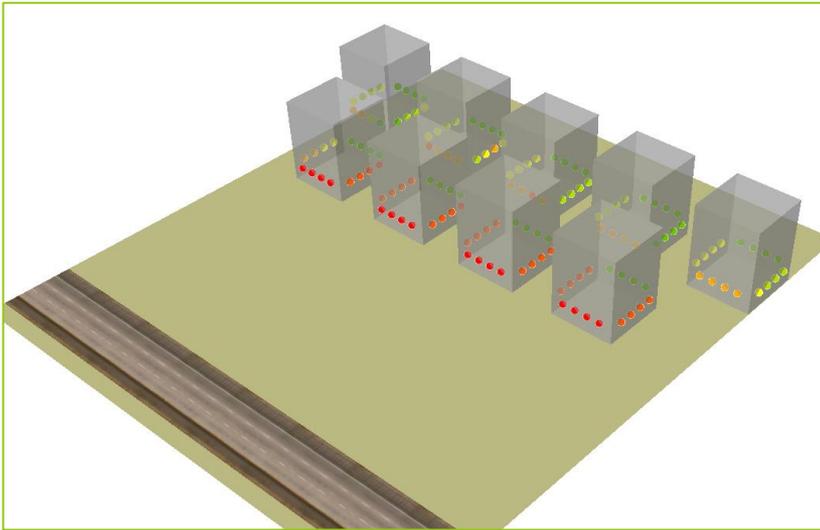
CÁLCULO RECEPTORES 4 M



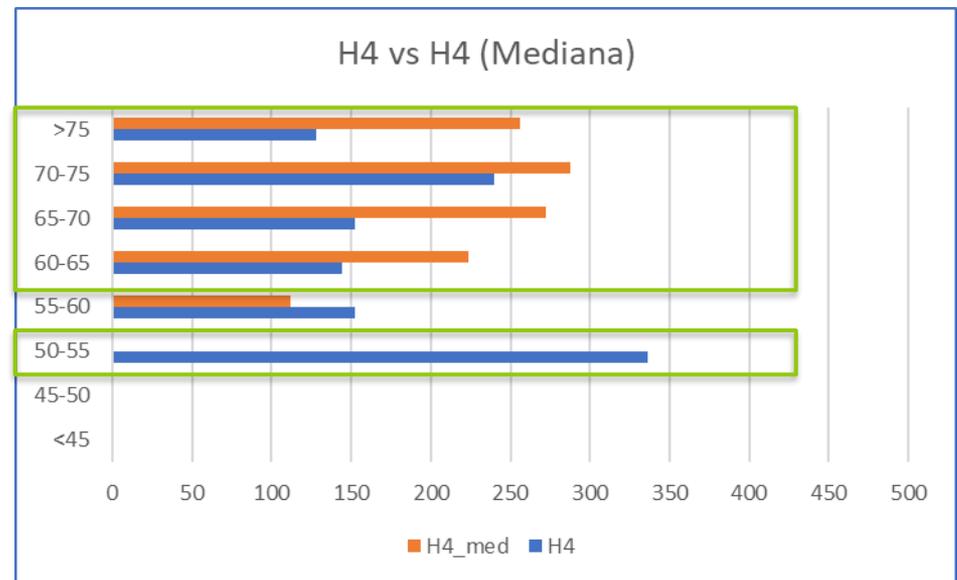
CÁLCULO RECEPTORES 4 M CON PANTALLA ACÚSTICA



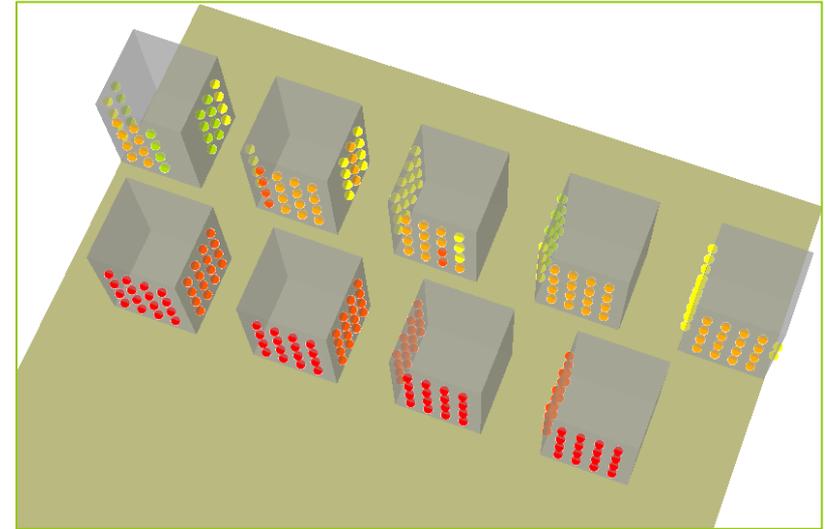
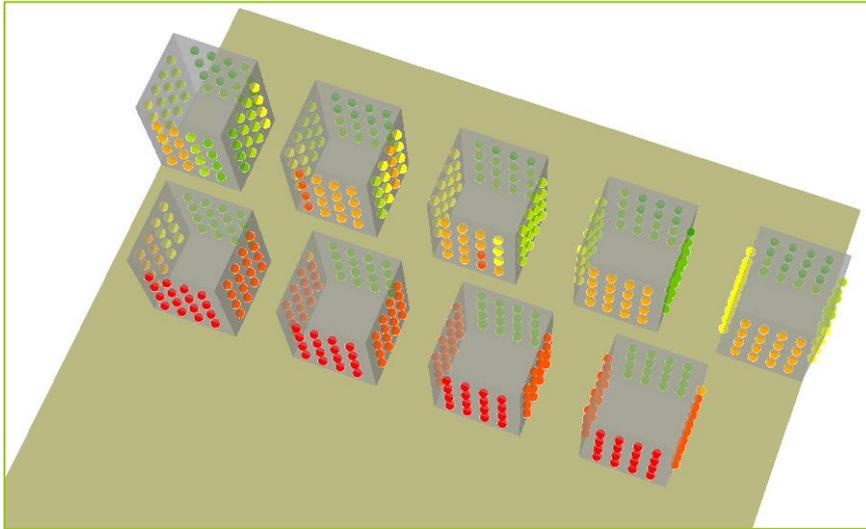
Receptores a 4 m Método 1 – Reparto uniforme vs Método 2 - Mediana



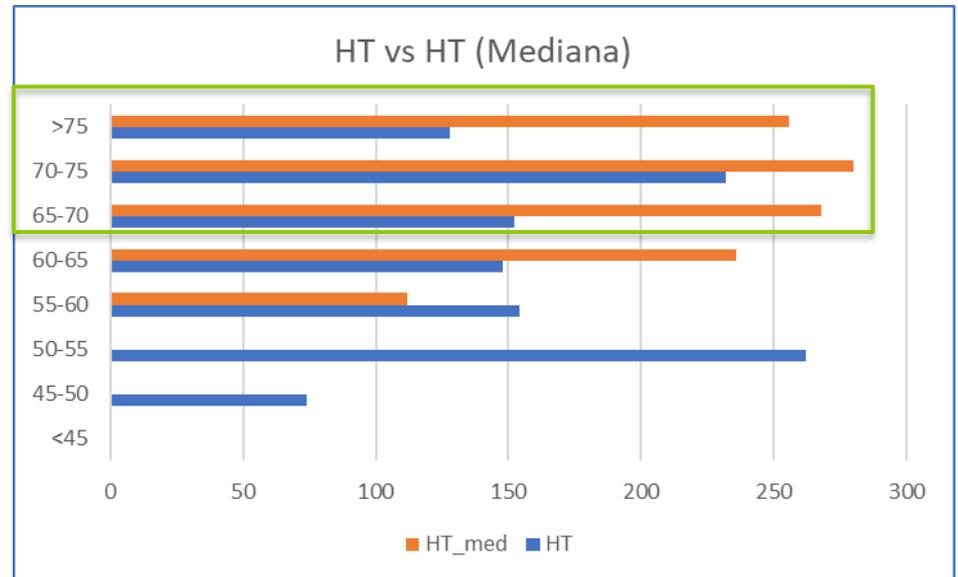
H4 vs H4Mded			
SIN BARRERA			
Lden	H4	H4_med	H4Mded-H4
<45	0	0	0
45-50	0	0	0
50-55	336	0	-336
55-60	152	112	-40
60-65	144	224	80
65-70	152	272	120
70-75	240	288	48
>75	128	256	128



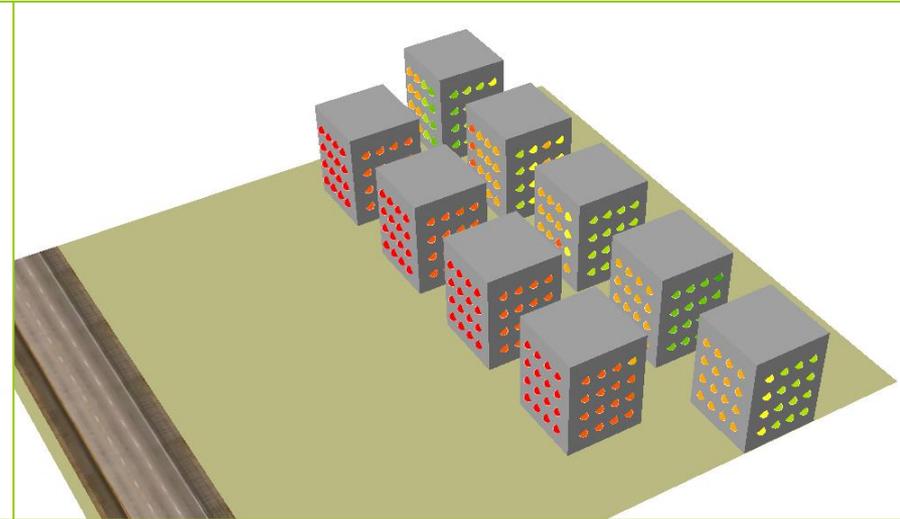
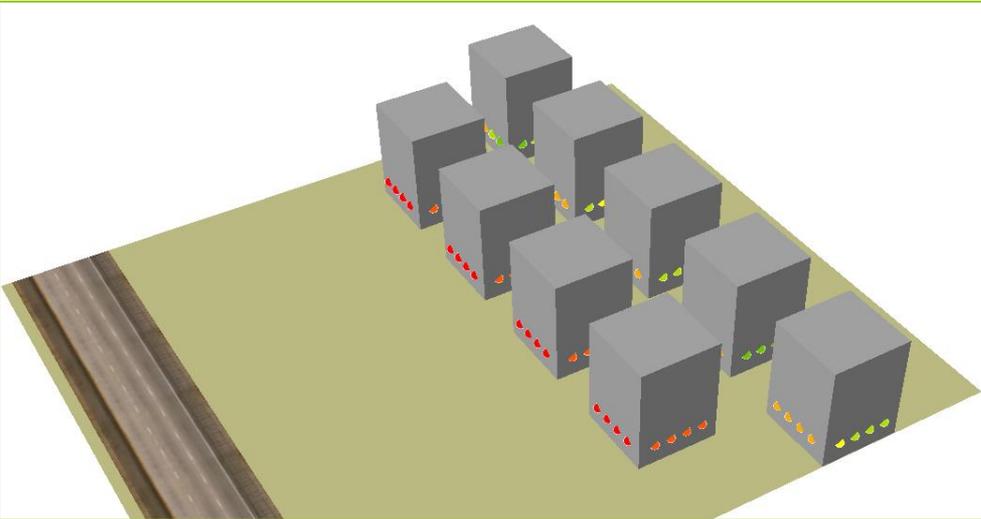
Recept. Todas H - Método 1 – Reparto uniforme vs Método 2 Mediana



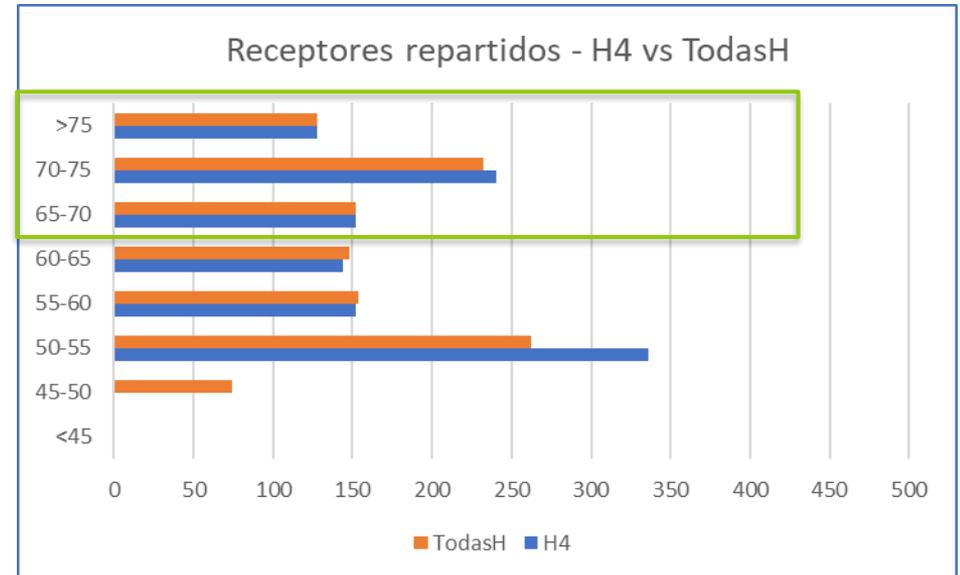
HT vs HTMded			
	SIN BARRERA		
Lden	HT	HT_med	HTMded-HT
<45	0	0	0
45-50	74	0	-74
50-55	262	0	-262
55-60	154	112	-42
60-65	148	236	88
65-70	152	268	116
70-75	232	280	48
>75	128	256	128



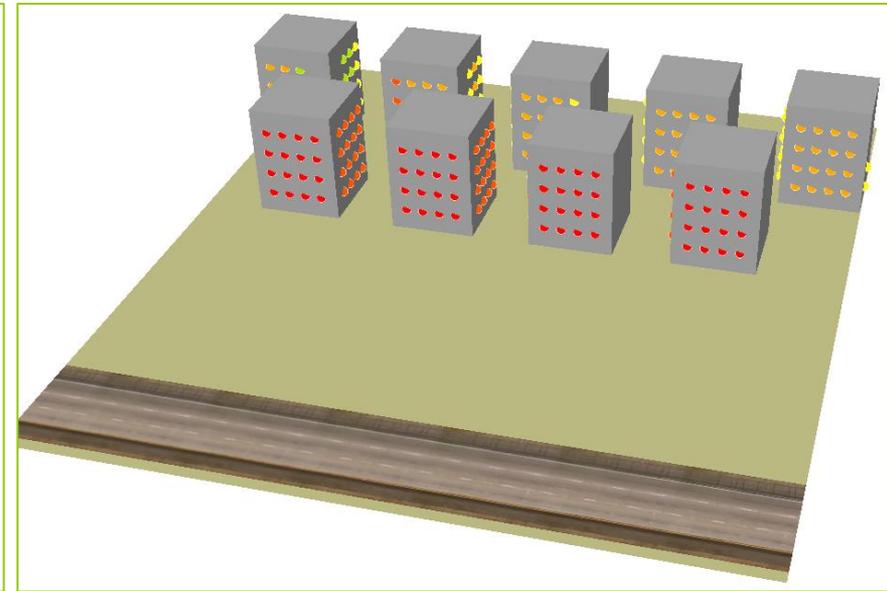
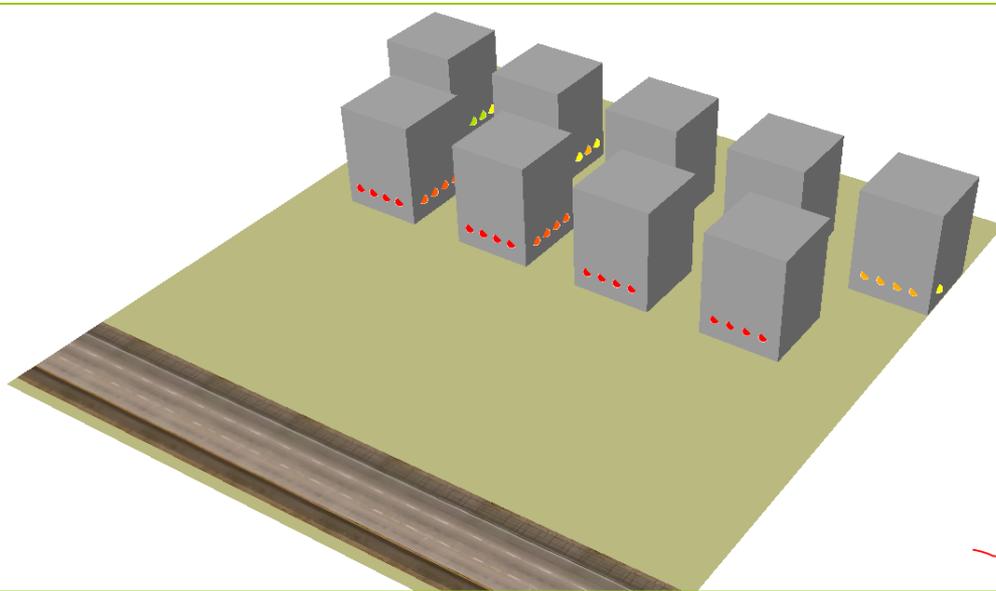
Receptores a 4 m vs Receptores todas alturas – Método 1 – Reparto uniforme



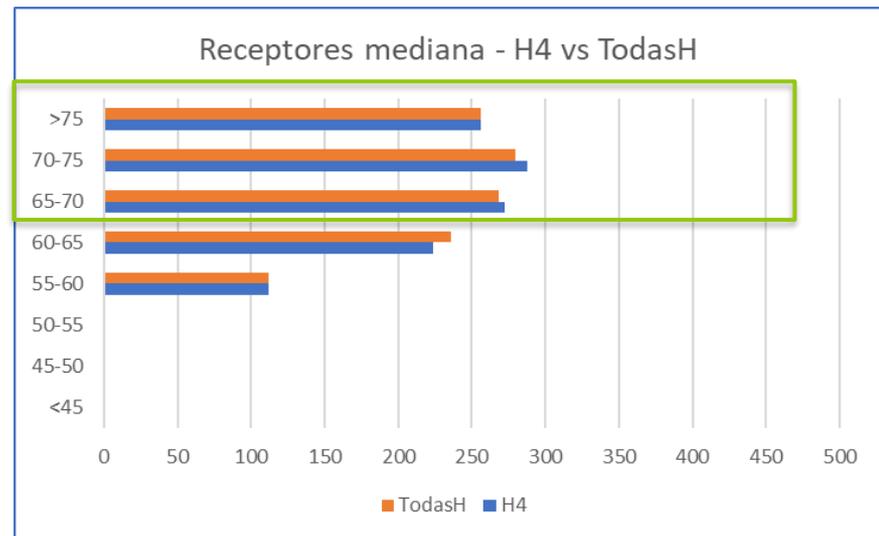
TODOS LOS RECEPTORES			
	SIN BARRERA		
Lden	H4	TodasH	H4-TodasH
<45	0	0	0
45-50	0	74	-74
50-55	336	262	74
55-60	152	154	-2
60-65	144	148	-4
65-70	152	152	0
70-75	240	232	8
>75	128	128	0



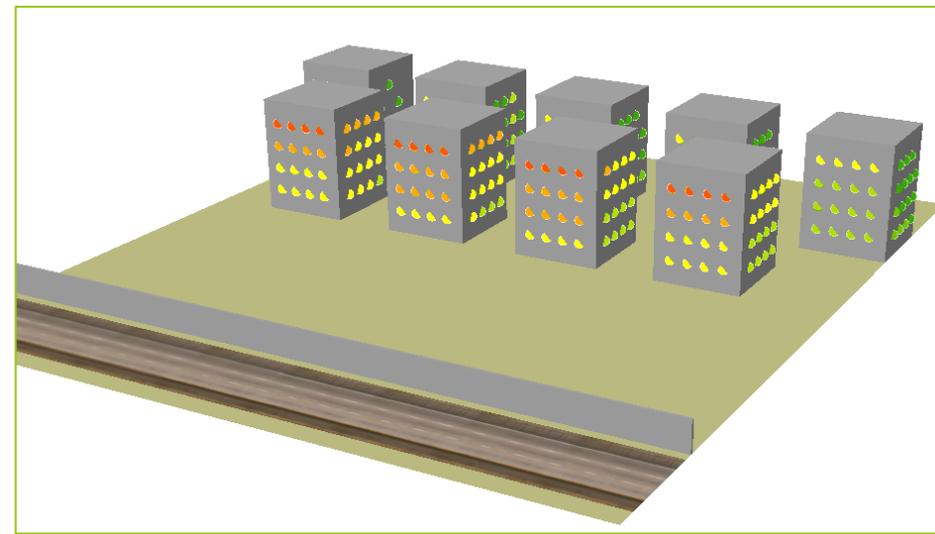
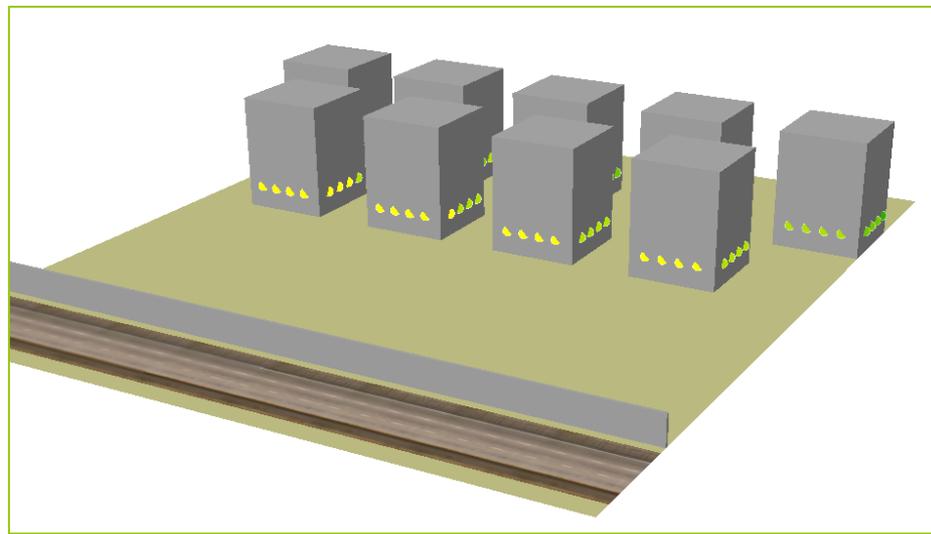
Recept. 4 m vs Recep. todas alturas – Método 2 – Mediana



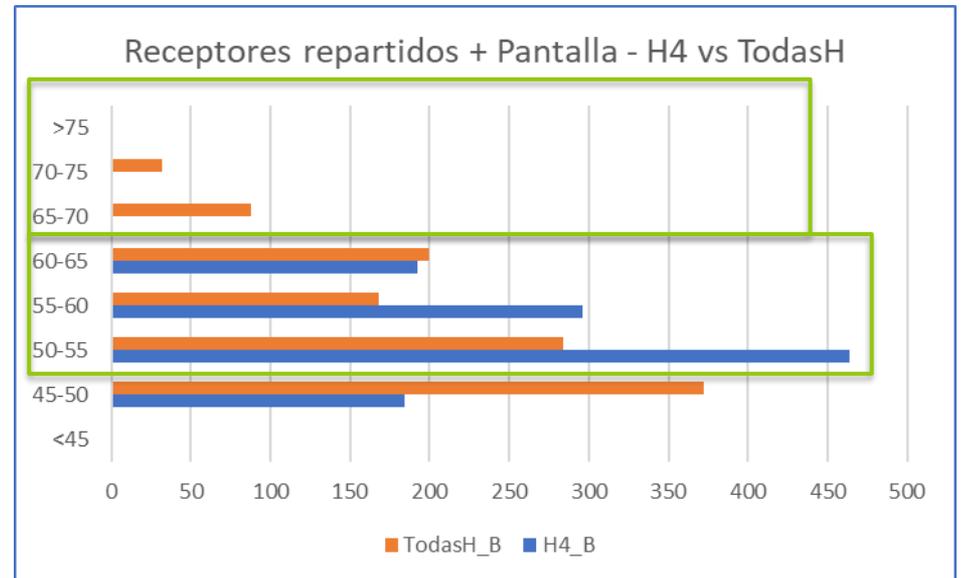
RECEPTORES MEDIANA			
	SIN BARRERA		
Lden	H4	TodasH	H4-TodasH
<45	0	0	0
45-50	0	0	0
50-55	0	0	0
55-60	112	112	0
60-65	224	236	-12
65-70	272	268	4
70-75	288	280	8
>75	256	256	0



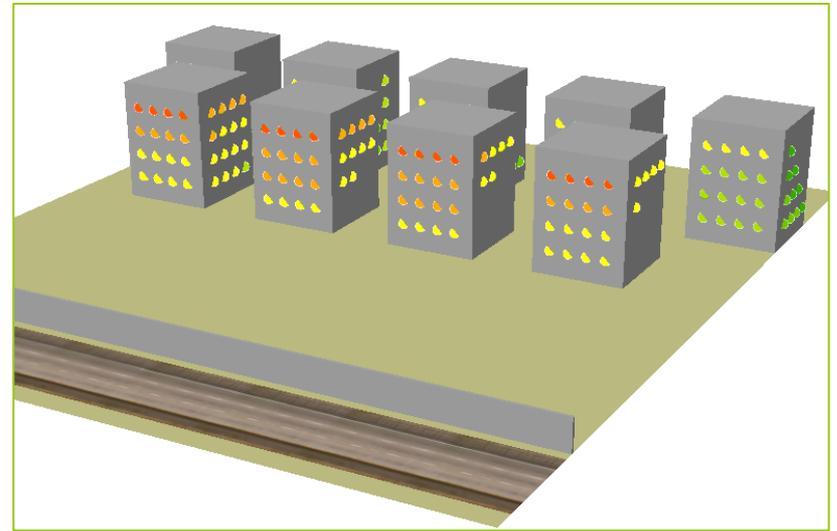
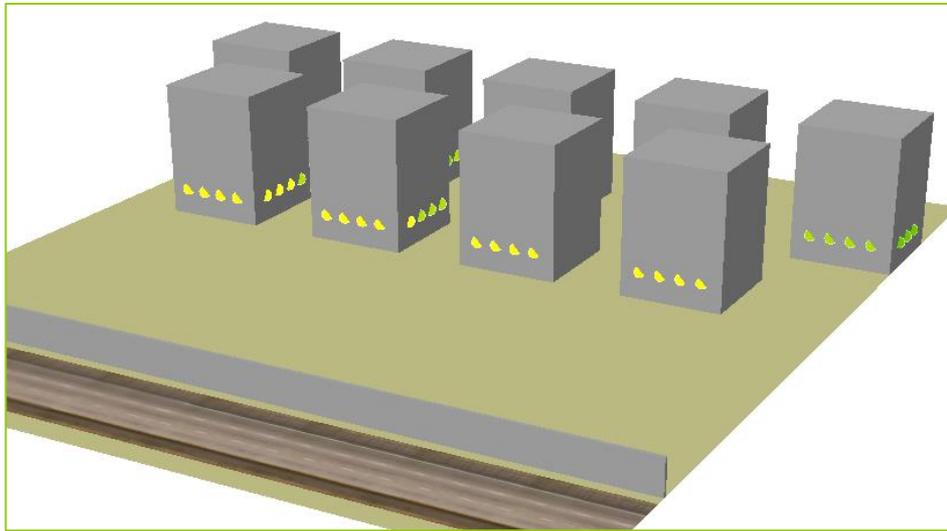
Recept. 4 m vs Recep. todas alturas – Método 1 – Reparto uniforme + Pantalla



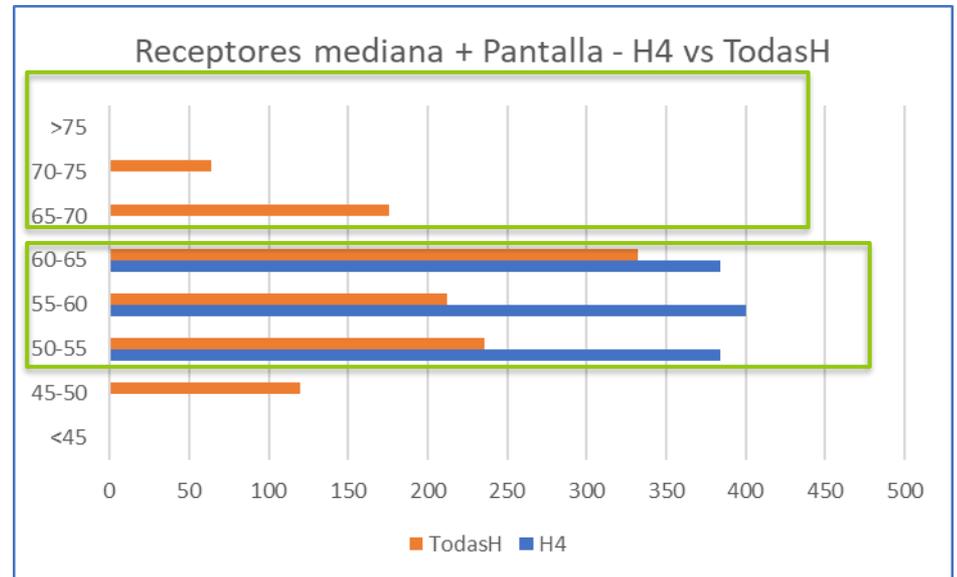
TODOS LOS RECEPTORES			
	CON BARRERA		
Lden	H4_B	TodasH_B	H4-TodasH
<45	0	0	0
45-50	184	372	-188
50-55	464	284	180
55-60	296	168	128
60-65	192	200	-8
65-70	0	88	-88
70-75	0	32	-32
>75	0	0	0



Recept. 4 m vs Recep. todas alturas – Método 2 – Mediana + Pantalla

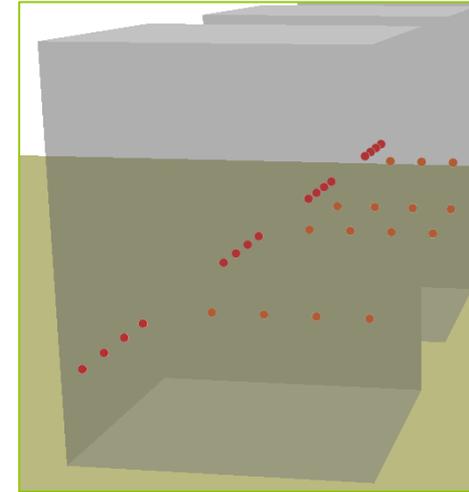
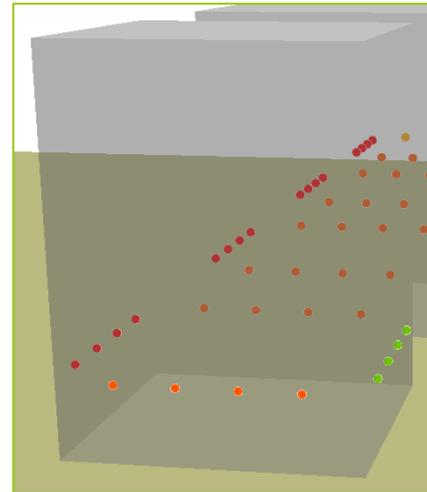
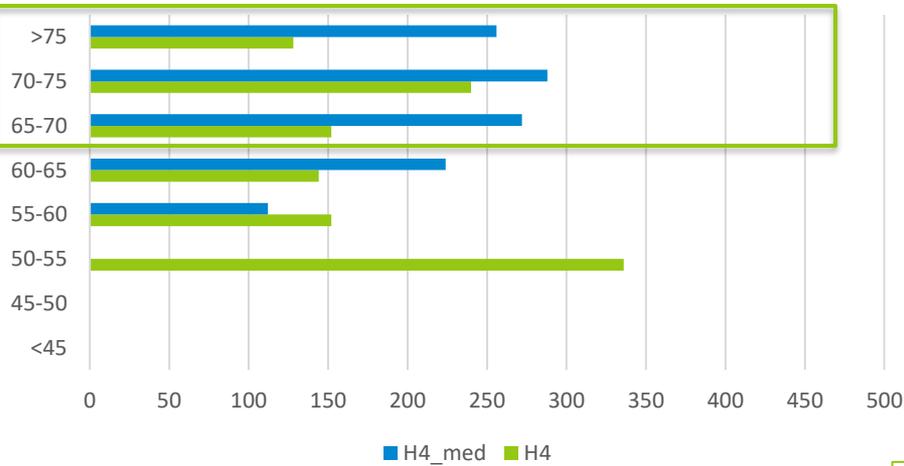


RECEPTORES MEDIANA			
CON BARRERA			
Lden	H4	TodasH	H4-TodasH
<45	0	0	0
45-50	0	120	-120
50-55	384	236	148
55-60	400	212	188
60-65	384	332	52
65-70	0	176	-176
70-75	0	64	-64
>75	0	0	0

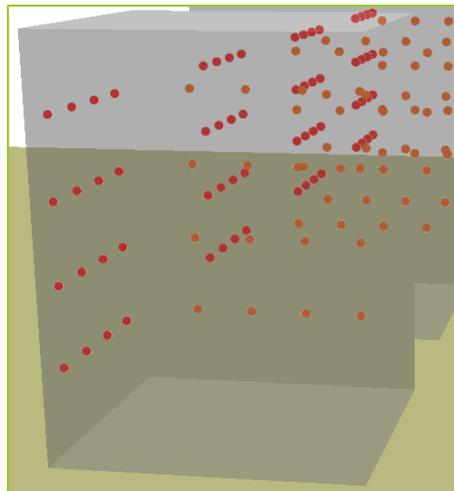
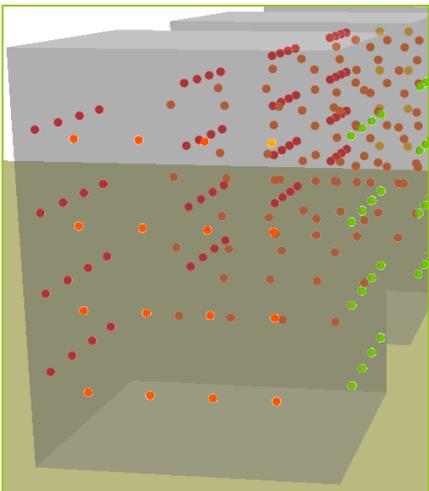
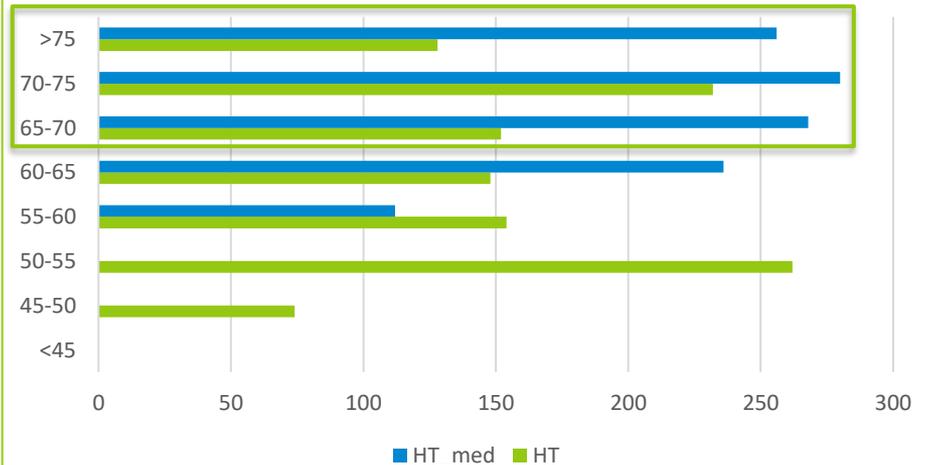


Resumen Método 1 vs Método 2

H4 vs H4 (Mediana)



HT vs HT (Mediana)



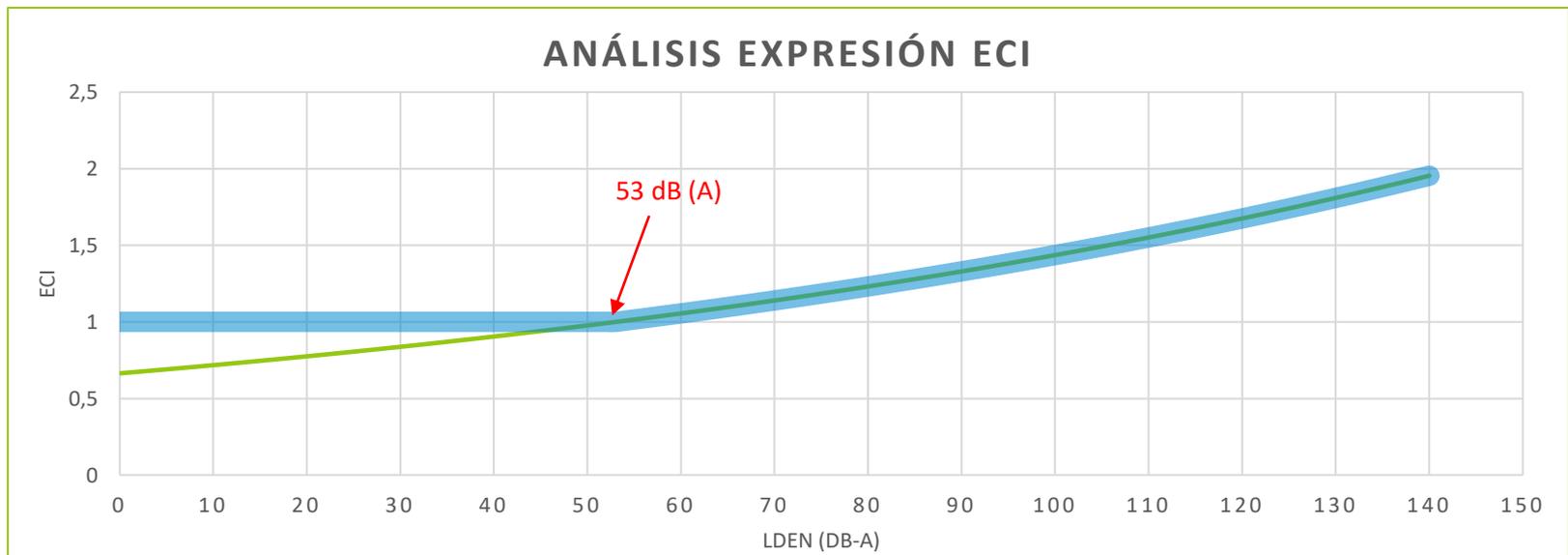
05

**RELACIONES DOSIS EFECTO
OMS**

Rangos de validez - ECI

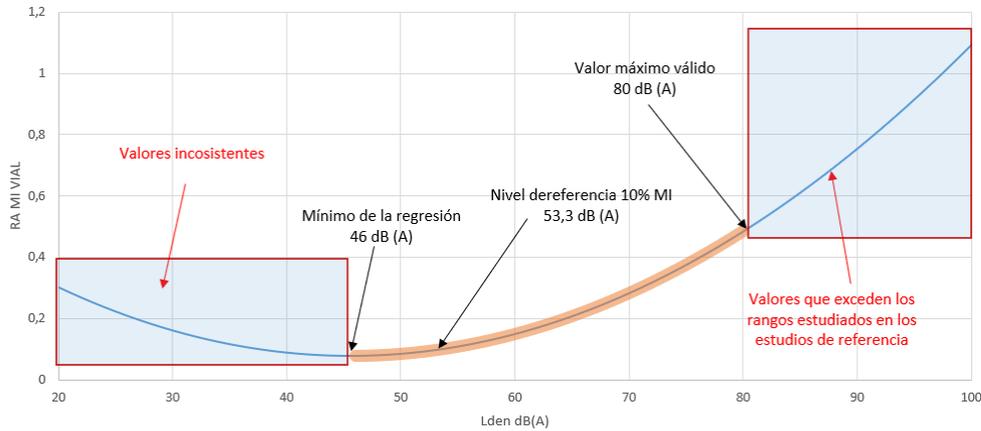
$$\text{Si ruido} > 53 \text{ db(A)} \rightarrow RR_{ECI,i,vial} = e^{\left[\left(\frac{\ln(1.08)}{10}\right) * (L_{den} - 53)\right]}$$

$$\text{Si ruido} \leq 53 \text{ db(A)} \rightarrow RR_{ECI,i,vial} = 1$$



Rangos de validez - MI

Análisis de la expresión RA-MI-VIAL

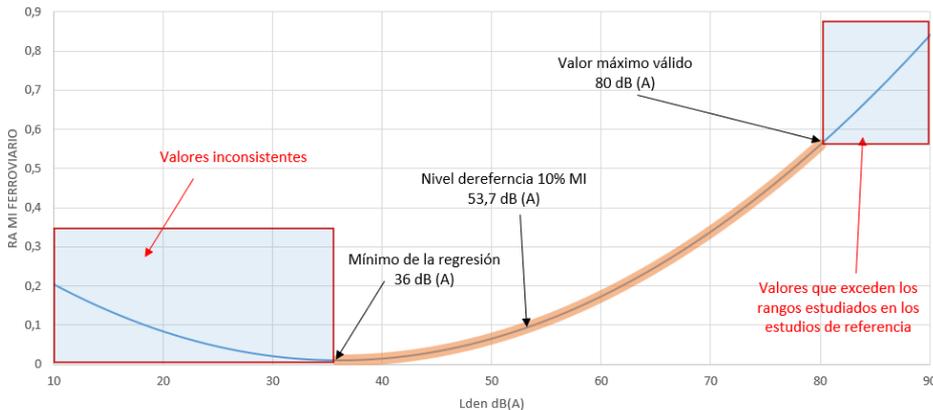


$$RA_{MI,i,vial} = \frac{78.9270 - 3.1162 * L_{den} + 0.0342 * L_{den}^2}{100}$$

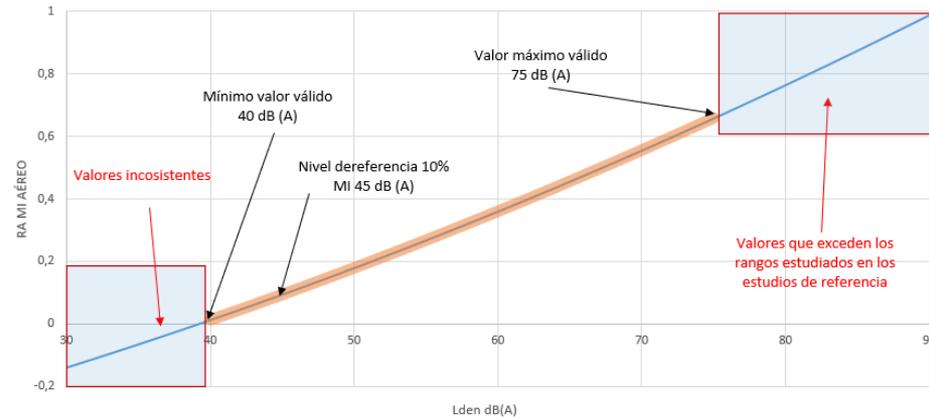
$$RA_{MI,i,ferroviario} = \frac{38.1596 - 2.05538 * L_{den} + 0.0285 * L_{den}^2}{100}$$

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

Análisis de la expresión RA-MI-FERROVIARIO

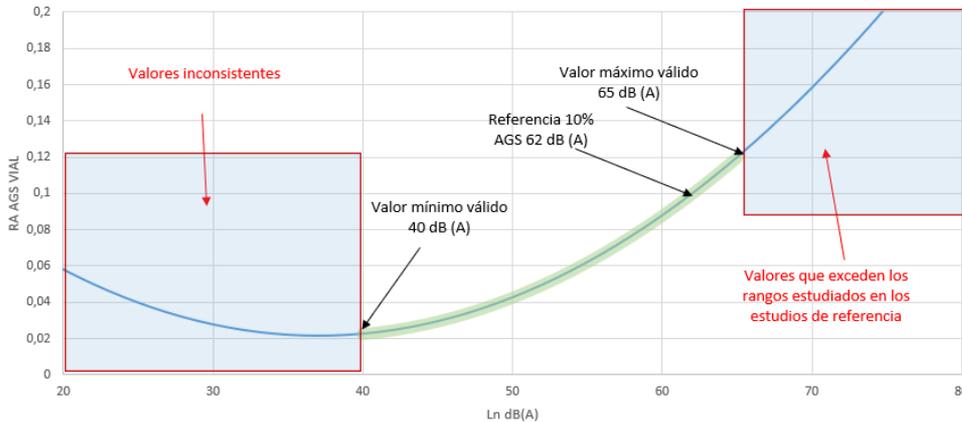


Análisis de la expresión RA-MI-AÉREO



Rangos de validez - AGS

Análisis de la expresión RA-AGS-VIAL

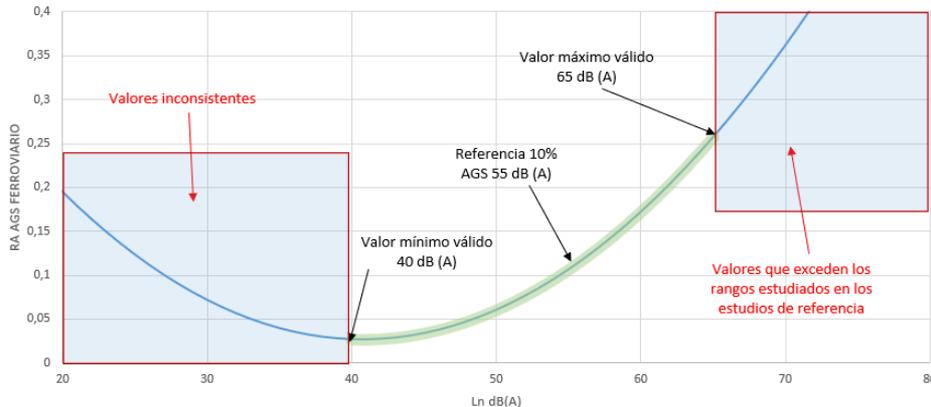


$$RA_{AGS,i,vial} = \frac{19.4312 - 0.9336 * L_n + 0.0126 * L_n^2}{100}$$

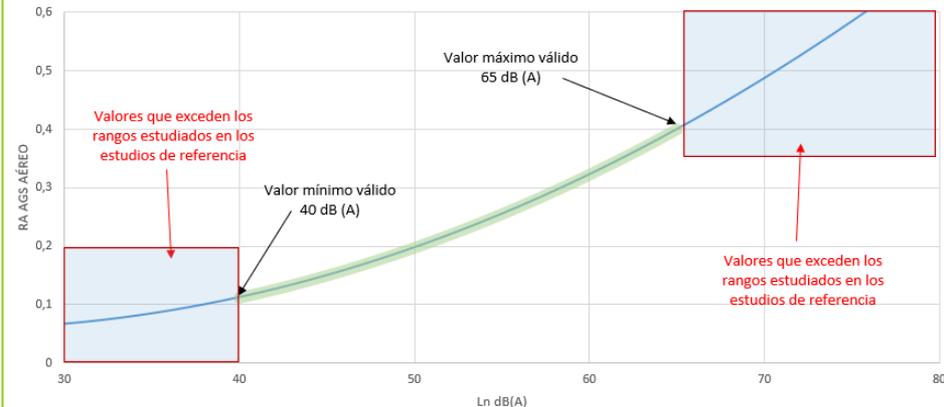
$$RA_{AGS,i,ferroviario} = \frac{67.5406 - 3.1852 * L_n + 0.0391 * L_n^2}{100}$$

$$RA_{AGS,i,aeronaves} = \frac{16.7885 - 0.9293 * L_n + 0.0198 * L_n^2}{100}$$

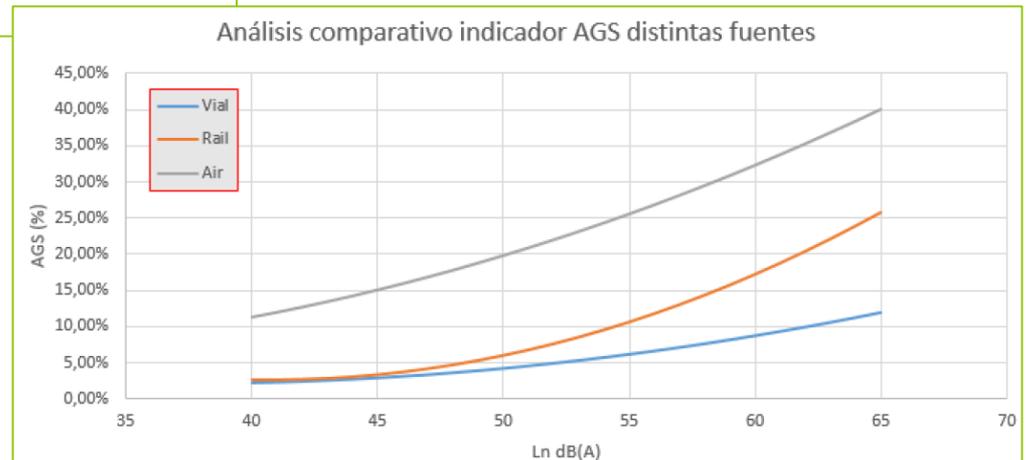
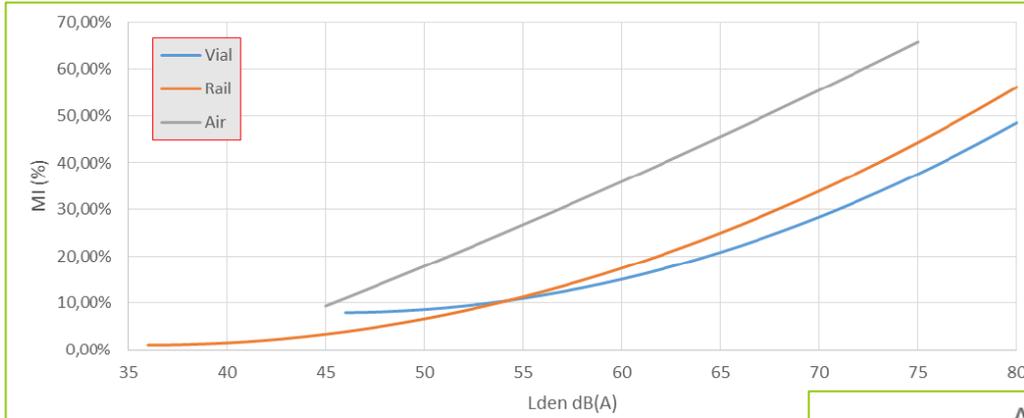
Análisis de la expresión RA-AGS-FERROVIARIO



Análisis de la expresión RA-AGS-Aéreo



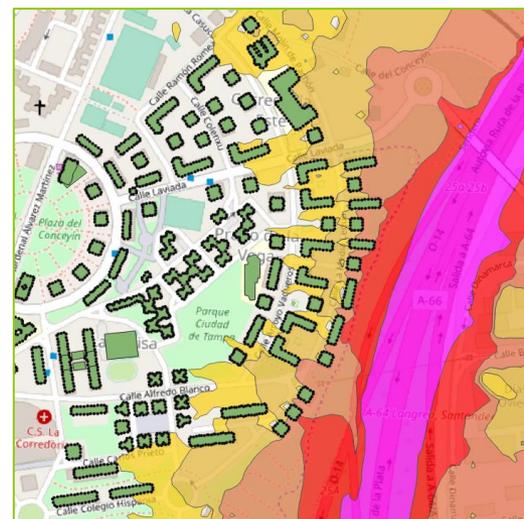
Comparativa RDE



Expresión	Rango de aplicabilidad	Recomendaciones de reducción OMS
$EC_{i,vial}$	A partir de 53 dB(A) Lden	53 dB(A) Lden
$RA_{MI,i,vial}$	46-80 dB(A) Lden	53 dB(A) Lden
$RA_{MI,i,ferroviario}$	36-80 dB(A) Lden	54 dB(A) Lden
$RA_{MI,i,aeronaves}$	40-75 dB(A) Lden	45 dB (A)
$RA_{AGS,i,vial}$		45 dB (A)
$RA_{AGS,i,ferroviario}$	40 – 65 dB(A) Ln	44 dB(A)
$RA_{AGS,i,aeronaves}$		40 dB(A)

Comparativa RDE – Caso práctico - A66 Oviedo (Zona 250.000 m² – 25ha)

VIAL ECI	FAP _{x,y} =	0,0289523	2,895%	
	Tasa ECI	0,0131000	Tasa España ECI	
	Nxy	2,24	personas	
		0,038%	s./total personas (5.910,00)	
	Absoluto		Relativo	
	MI_Nxy	AGS_Nxy	MI_Nxy	AGS_Nxy
VIAL	645	166	10,92%	2,81%
FERROCARRIL	695	249	11,77%	4,22%
AIR	1415	750	23,94%	12,69%





06 CONCLUSIONES

CONCLUSIONES REPARTO DE POBLACIÓN Y VIVIENDAS EN RECEPTORES

La actual redacción del Anexo II del RD 1513 en cuanto a **reparto de población y viviendas en receptores**, ofrece **dos posibilidades**: reparto homogéneo (**Método 1**) y reparto en receptores sobre la mediana (**Método 2** - mitad de los receptores que reciben más ruido en cada edificio).

A igual escenario acústico, la elección de un método u otro puede arrojar resultados diferentes en cuanto a la cantidad de población expuesta, especialmente a niveles de ruido altos.

Esto es debido a que el Método 2 (mediana) traslada la población y viviendas de receptores protegidos (zona oscura de los edificios) a los receptores que más ruido registran.

En el modo aéreo, debe tenerse en cuenta que toda la población debe asignarse al receptor que más ruido recibe de cada edificio. Esto tiene **gran relevancia en los MER de aglomeración**, que deben contemplar los aeropuertos en el ámbito de la aglomeración, sean grandes o no.

Independiente de si se colocan todos los receptores a 4 m (tal como indica CNOSSOS-EU), **o a todas las alturas**, la elección del **Método 2** (mediana) implica un **incremento sensible** en la estimación de población expuesta.

En el caso estudiado:

- A igual método de reparto, cuando **no existe apantallamiento** por barreras naturales o pantallas (terrenos llanos, o carretera elevada respecto de los receptores), no existen grandes diferencias en la estimación de población expuesta, utilizando receptores a todas las alturas o sólo a 4 metros.
- Cuando **existe apantallamiento**, sí se aprecien diferencias sensibles. En particular, la utilización de receptores solo a 4 metros, puede resultar en una definición deficiente de una hipotética pantalla.

CONCLUSIONES REPARTO DE POBLACIÓN Y VIVIENDAS EN RECEPTORES

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 tomada en cuenta por los responsables de la elaboración de los MER y PAR, los redactores de estos y los desarrolladores 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.

La elección del método de reparto de población a receptores (Método 1 o Método 2), puede suponer importantes variaciones en el resultado del cálculo de las RDE.

¡Gracias!

Ignacio Soto Molina

ignacio.soto@cedex.es

