

Modelación de tráfico como insumo para la actualización de mapas de ruido en la ciudad de Manizales

Carlos Mario González Duque¹, Caren Xiomara Guzmán España², Jorge Alberto Montoya Gómez³, Diego Alexander Escobar García⁴, Jorge Julián Vélez Upegui⁵, Mauricio Velasco Garcia⁶

^{1, 2, y 5} Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental - GTAIHA, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

^{3, 4} Grupo de Trabajo Académico en Movilidad Sostenible - GIMS, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

⁶ Grupo de investigación en Recursos Naturales y Medio Ambiente Corpocaldas - GIRMAC, Corporación Autónoma Regional de Caldas



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Introducción

Contexto:

El acelerado crecimiento de centros urbanos trae consigo un aumento de los niveles de tráfico, así como incrementos en actividades comerciales e industriales:

- Incremento en las fuentes de ruido.
- Necesidad de actualizar estudios relacionados con influencia de fuentes de ruido en centros urbanos.
- Marco normativo (Res 0627 de 2006) que plantea la actualización de mapas de ruido cada 4 años en municipios con población superior a 100,000 hab.

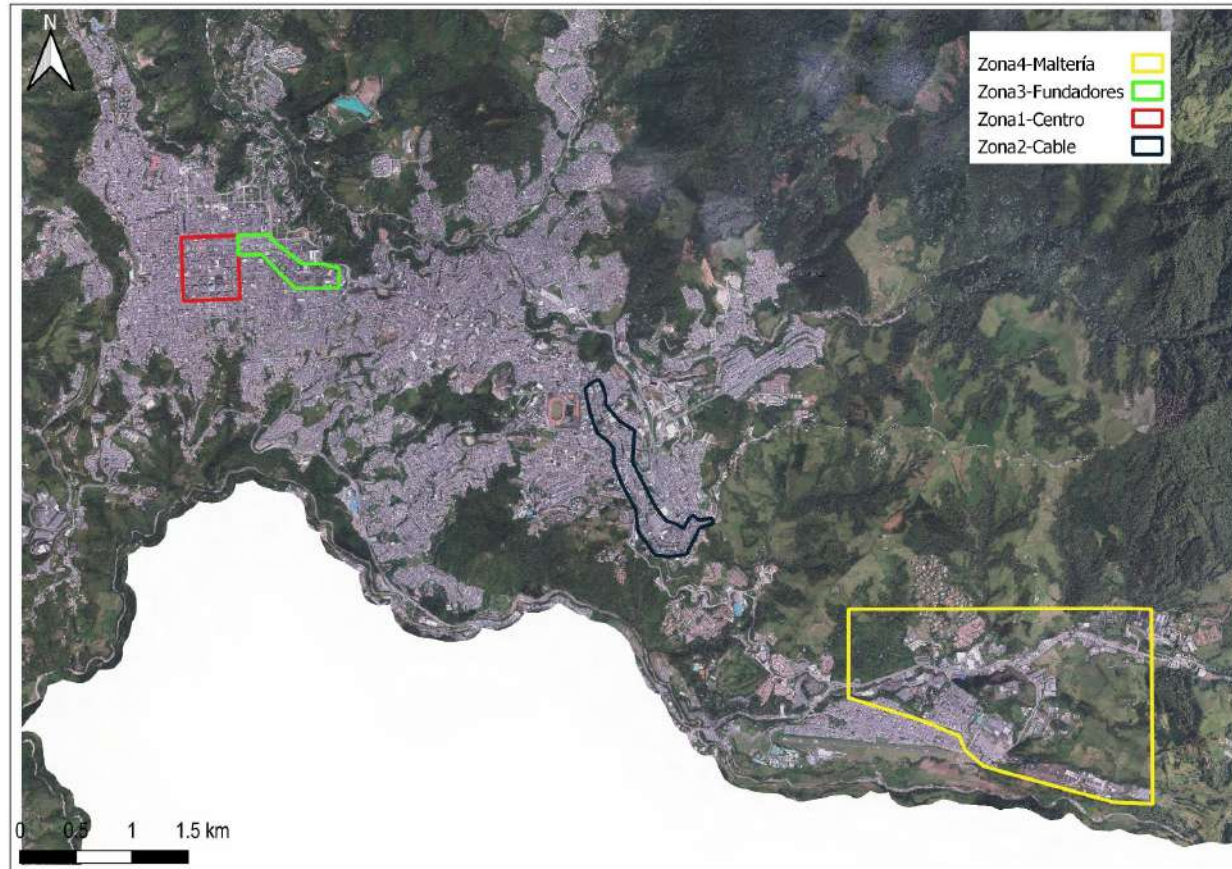
Antecedentes en la elaboración de mapas de ruido en Manizales (población 454.500 hab.):

- Estudios realizados en 2009 con mapas de ruido basados en interpolación con SIG y 2014 con primera exploración a partir de simulación con modelo SoundPlan (Ada&Co 2009; 2014).
- Estudio más reciente fue realizado en 2019 que contempló un plan de gestión de ruido (AAC, 2019) con la elaboración de mapas de ruido empleando el modelo SoundPlan Noise.

Objetivo general del estudio:

- Actualizar los mapas de ruido en 4 zonas priorizadas de Manizales, a partir de ejercicios de simulación de ruido.

Metodología: Zonas de estudio y etapas del trabajo

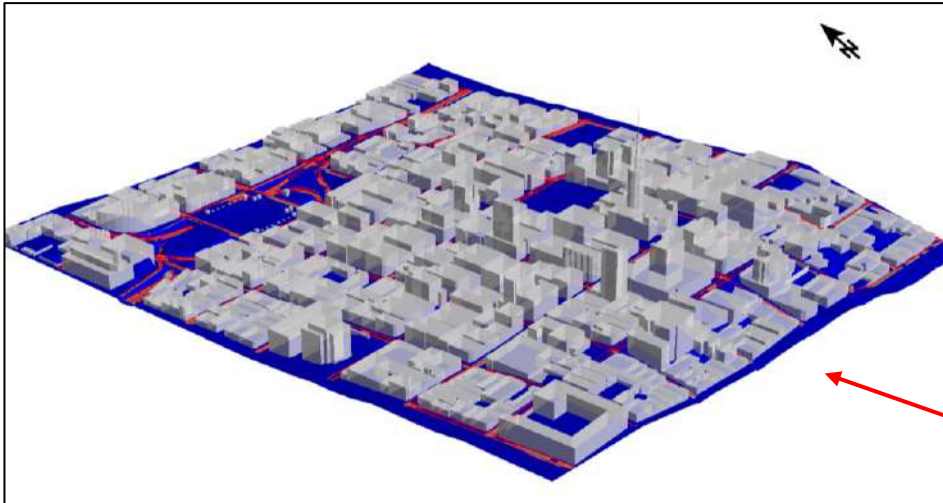


Zonas priorizadas para elaboración de los mapas de ruido en Manizales

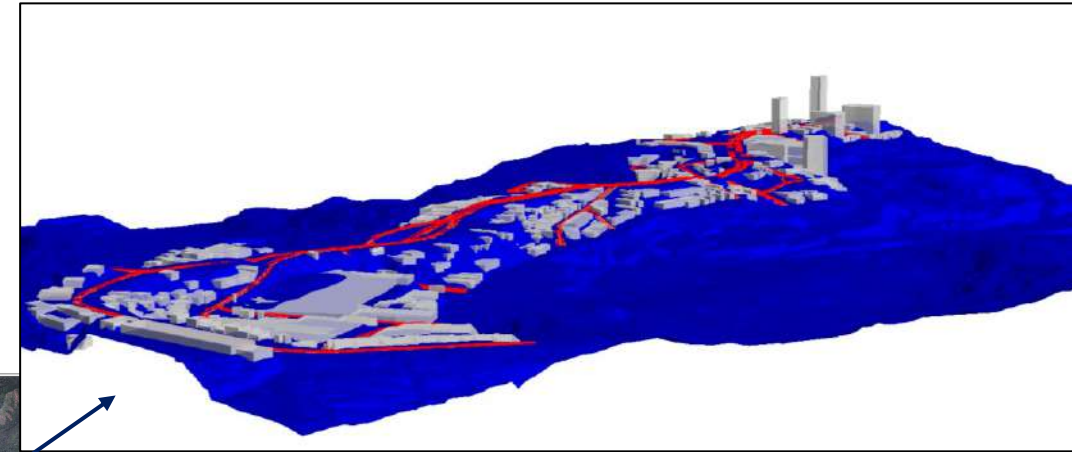


Metodología: Generación de modelos digitales de terreno

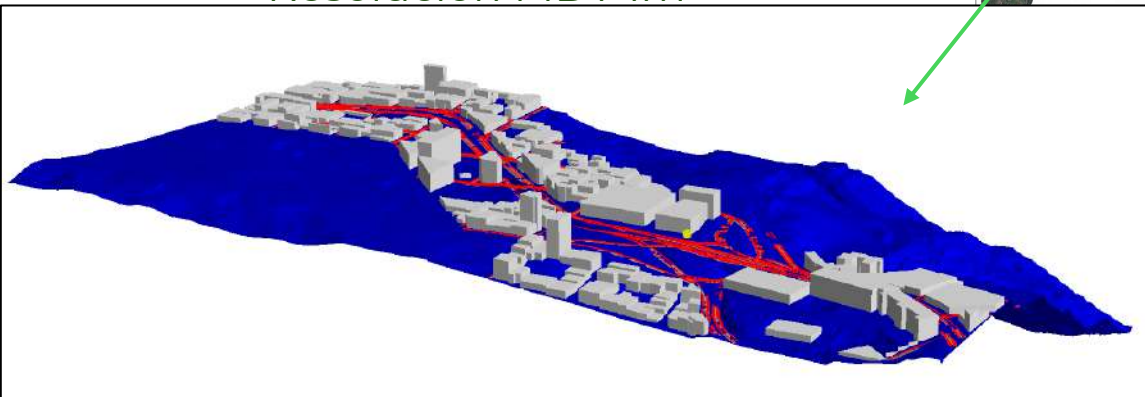
Zona 1: Centro. Resolución MDT 1m



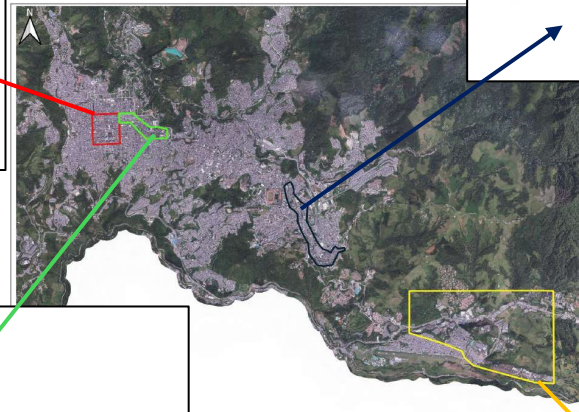
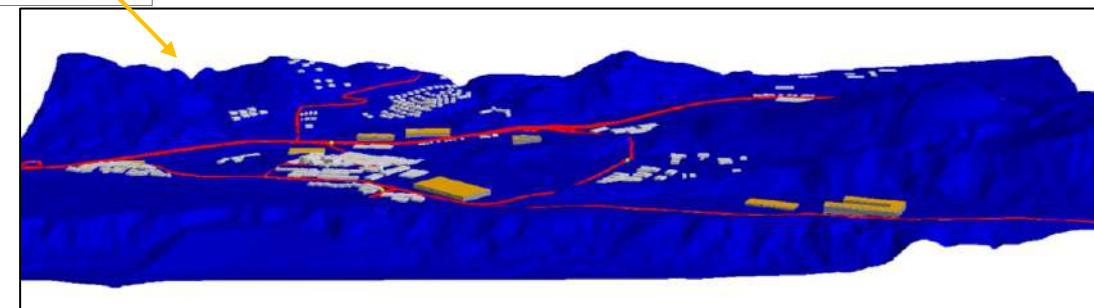
Zona 2: Cable-Milán. Resolución MDT 2m



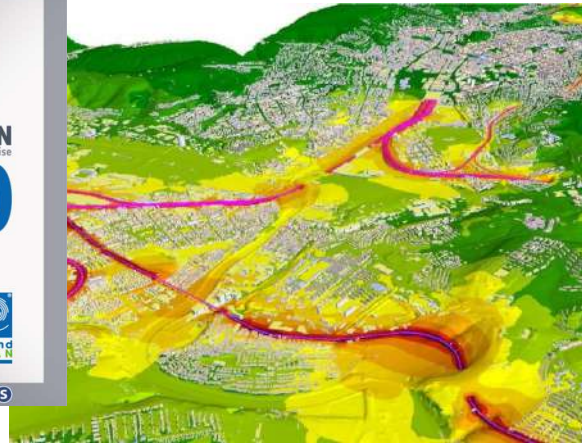
Zona 3 – Centro-Fundadores.
Resolución MDT 1m



Zona 4 – Maltería. Resolución MDT 4m



Metodología: Modelo de ruido y normativa de cálculo



Tipo de fuente	Normativa de cálculo en el modelo SoundPlan	Características principales de la normativa	Fuente de información para definir los niveles de potencia sonora
Tráfico vehicular	Cnossos-EU	Permite diferenciar la emisión de ruido para cinco (5) categorías vehiculares: vehículos livianos, vehículos pesados medianos, vehículos pesados grandes, motocicletas y ciclomotores	- Modelo de tráfico - Conteos vehiculares
Fuentes industriales	Norma ISO 9613-2:1996	Permite establecer la propagación del sonido en exteriores a partir de la caracterización de la potencia sonora de las fuentes de ruido estacionarias.	Biblioteca de fuentes de emisión del modelo SoundPlan

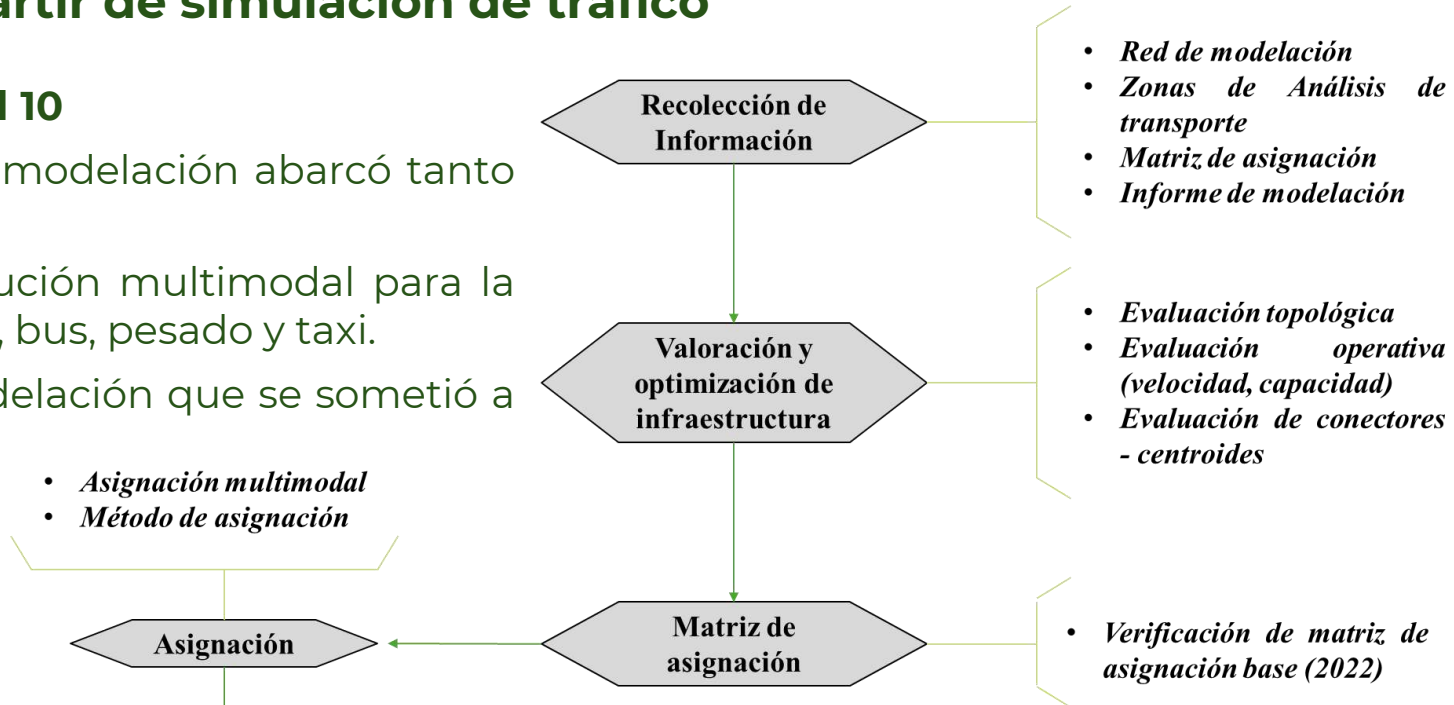
Metodología: Flujos vehiculares a partir de simulación de tráfico

Flujos vehiculares obtenidos con software **TransCad 10**

- La red de infraestructura vial utilizada para la modelación abarcó tanto las vías principales como las secundarias.
- La matriz de asignación contempla la distribución multimodal para la ciudad en función de las categorías auto, moto, bus, pesado y taxi.
- Valoración de la red de infraestructura de modelación que se sometió a un proceso de ajuste y redensificación.



- *Asignación multimodal*
- *Método de asignación*



Metodología: Levantamiento de información en campo

Realización de campañas de medición de ruido ambiental en puntos de control de los 4 sectores priorizados.

- Establecer puntos de referencia para comparación y evaluación de resultados de simulación en puntos de control (simulación de receptores).
- Realización de conteos vehiculares durante campañas de monitoreo: Insumo para evaluar y ajustar resultados de simulación de tráfico



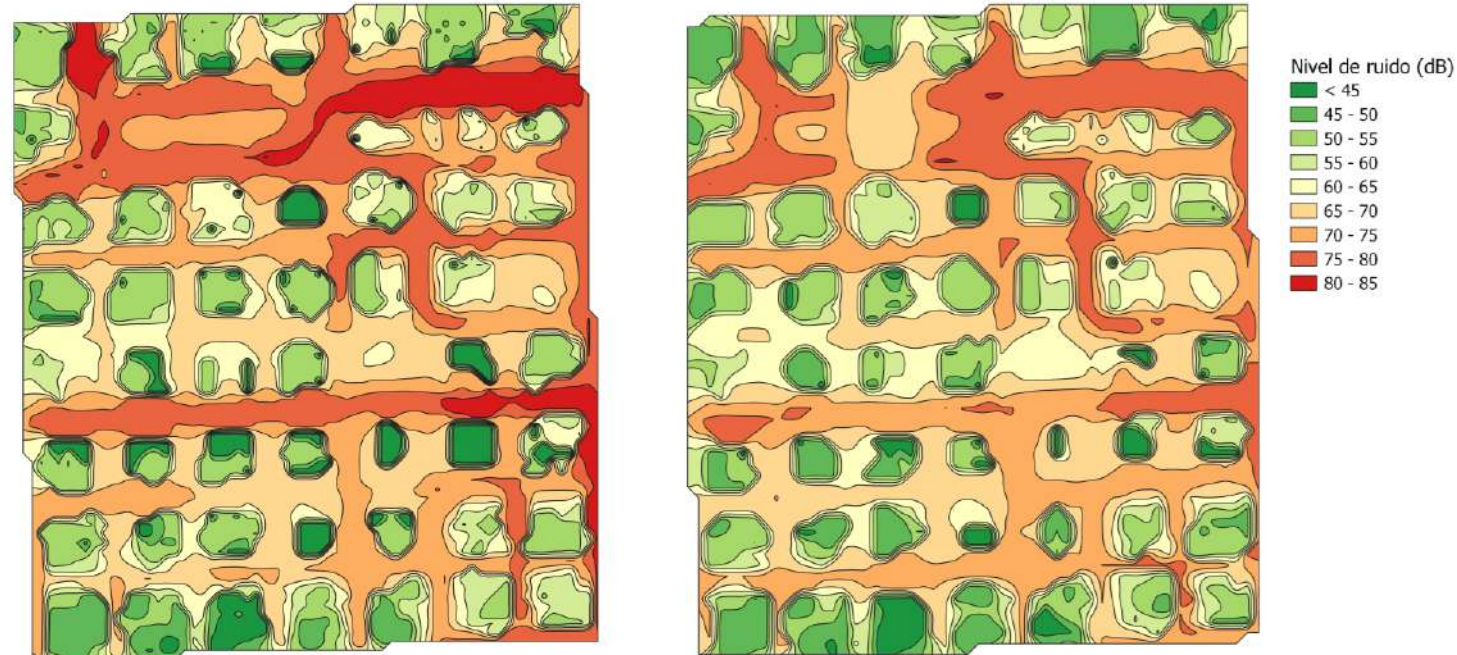
- Entre 2 y 6 puntos de medición por sector
- Apoyo de la autoridad ambiental en las mediciones de ruido para periodo diurno y nocturno en cada punto

Resultados: Mapas de ruido por sectores y análisis de sesgos

Estación	Periodo	LAeq (dB)	LAeq (dB)*	Resultado modelo – Receptor a 4m (dB)
Zona 1 - Centro				
CAI Plaza Alfonso López. Z1-P1	Diurno	73.6	75.7	72.7
	Nocturno	71.1	75.0	72.5
Plaza de Bolívar. Z1-P2	Diurno	67.3	69.5	64.0
Cra. 23. Palacio de Justicia. Z1-P3	Diurno	68.4	72.3	67.0
	Nocturno	67.2	70.2	65.2
Cra. 22. Alcaldía de Manizales. Z1-P4	Diurno	69.4	72.0	74.6
	Nocturno	71.4	75.0	72.9

Estadístico	Zona 1		Zona 2	
	D	N	D	N
MB	-0.1	0.3	2.0	-2.6
MGE	2.7	1.6	2.2	2.6
RMSE	3.2	1.7	2.7	3.4

Comparación de mapas de isófonas en la Zona 1 - Centro obtenidos con datos de tráfico del PMM-2017 (izq.) y ejercicio de simulación de tráfico actualizado (der.)



Estación	Periodo	LAeq (dB)	LAeq (dB)*	Resultado modelo – Receptor a 4m (dB)
Zona 2 – Cable-Milán				
Calle 77 – Milán sector fuente. Z2-P1	Diurno	62.6	66.3	65.3
	Nocturno	66.5	71.2	65.6
Milán - Sector colegio Santa Inés. Z2-P2	Diurno	63.8	66.2	69.3
Calle 76 – Milán sector Incolma. Z2-P3	Diurno	67.0	69.8	68.4
Calle 75 – Milán sector Mabe. Z2-P4	Diurno	65.6	67.6	66.8
	Nocturno	68.8	72.5	64.0
Cable – Av. Santander, edif. Cervantes. Z2-P5	Diurno	67.8	70.8	69.7
	Nocturno	67.9	69.9	68.0
Cable – Av. Santander, torre del Cable. Z2-P6	Diurno	71.7	74.2	71.0
	Nocturno	73.5	76.1	68.8

Resultados: Mapas de ruido por sectores y análisis de sesgos

Estación	Periodo	LAeq (dB)	LAeq (dB)*	Resultado modelo – Receptor a 4m (dB)
Zona 3 – Centro Fundadores				
Fundadores-P1	Diurno	76.3	78.3	75.8
	Nocturno	74.3	78.2	74.2
CAI Parque Caldas-P2	Diurno	73.4	74.8	74.8
	Nocturno	71.8	72.9	74.18

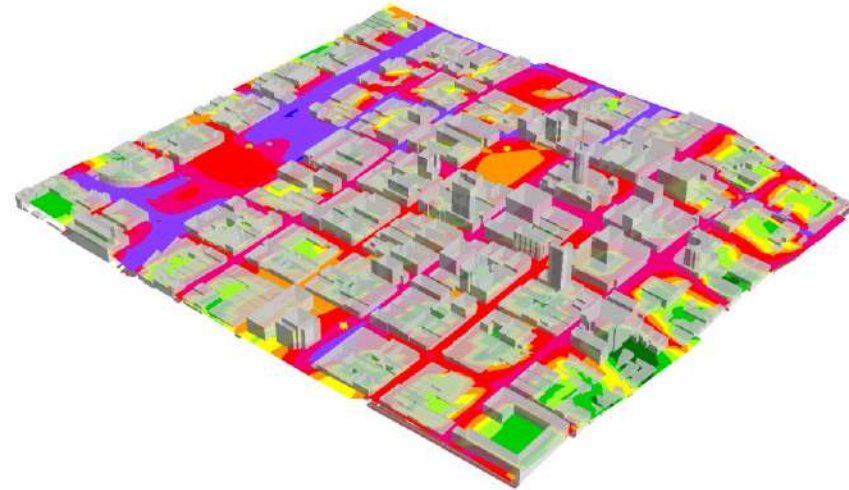
Estación	Periodo	LAeq (dB)	LAeq (dB)*	Resultado modelo – Receptor a 4m (dB)
Zona 4 – Maltería				
Sector Madeal-Alhambra – P1	Diurno	74.2	75.8	74.5
	Nocturno	70.6	72.3	69.9
Bosques de la Enea. Parque Calle 105 – P2	Diurno	59.8	61.7	63.8
	Nocturno	61.2	63.7	59.5
SENA – P3	Diurno	76.6	79.4	75.3
	Nocturno	71.8	74.8	69.3
Enea control buses – P4	Diurno	70.3	72.6	73.1
	Nocturno	64.1	68.1	64.3

Estadístico	Zona 3		Zona 4	
	D	N	D	N
MB	0.4	1.1	1.5	-1.2
MGE	0.9	1.2	2.1	1.3
RMSE	1.1	1.7	2.5	1.5

Se obtuvo un incremento entre 3 a 8 dB de acuerdo con la evaluación de sesgos, al comparar los resultados obtenidos empleando insumos como:

- Datos de tráfico de estudios previos (2017, PMM).
- Conteos extrapolados con polígonos de Thiessen.

Resultados: Mapas de ruido por sectores y análisis de sesgos



Convenio 097 - 2023

UNAL - CORPOCALDAS



Mapa
**Z1
D**

Mapa de ruido diurno - Centro
Mapa calculado a 4m

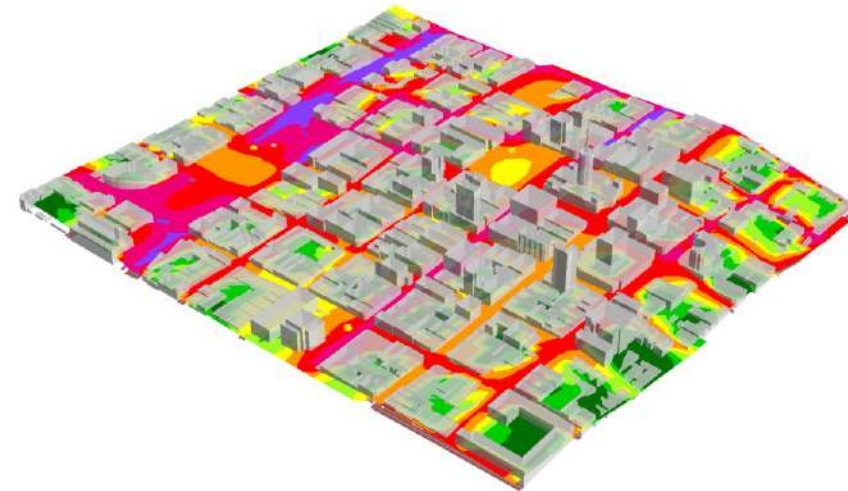
Project engineer: UNAL
Created: 3/03/2023
Processed with SoundPLAN 9.0, Update: 3/12/2024

Nivel de ruido LD
dB(A)



Escala 1:2247
0 20 40 80 120 160 m

Mapas finales en Sector 1 - Centro para periodo diurno y nocturno



Convenio 097 - 2023

UNAL - CORPOCALDAS

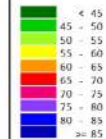


Mapa
**Z1
N**

Mapa de ruido nocturno - Centro
Mapa calculado a 4m

Project engineer: UNAL
Created: 3/03/2023
Processed with SoundPLAN 9.0, Update: 3/12/2024

Nivel de ruido LN
dB(A)

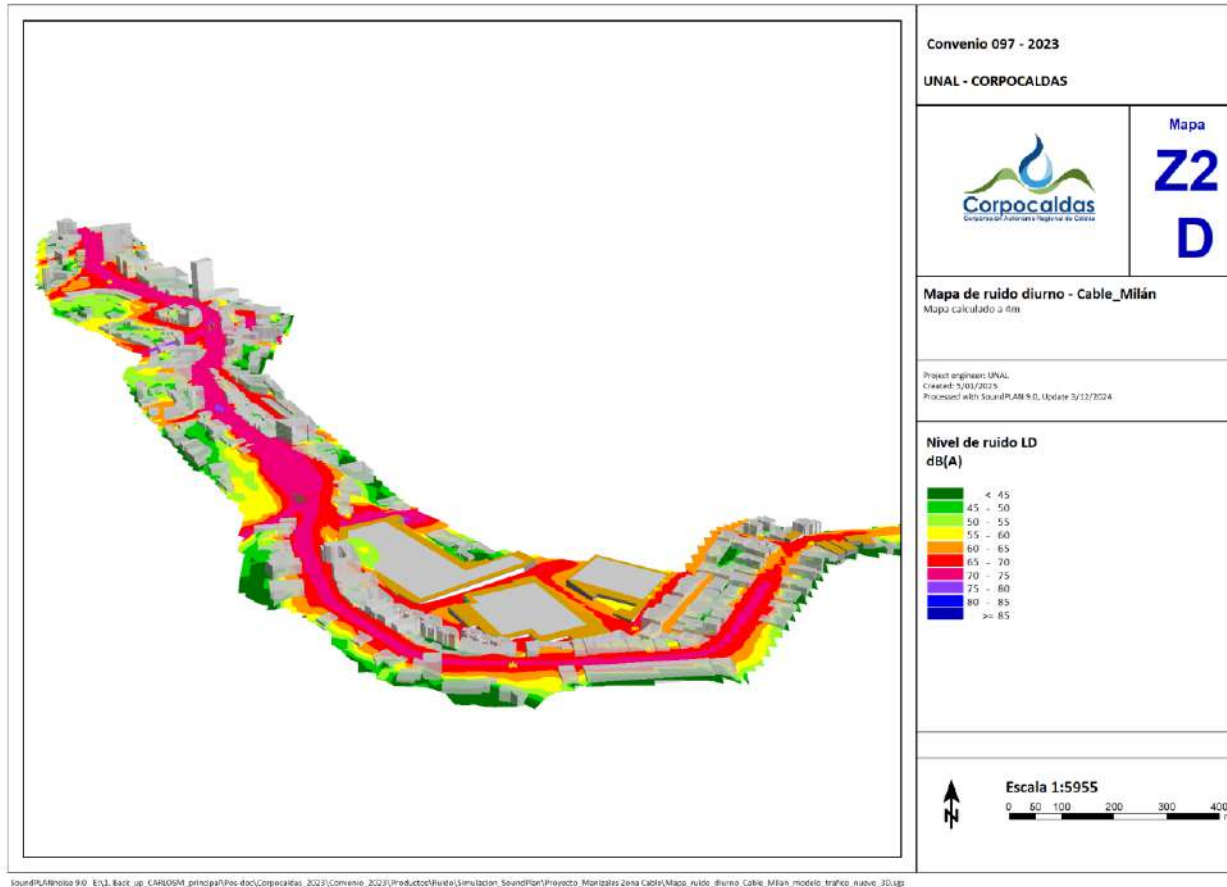


Escala 1:2247
0 20 40 80 120 160 m

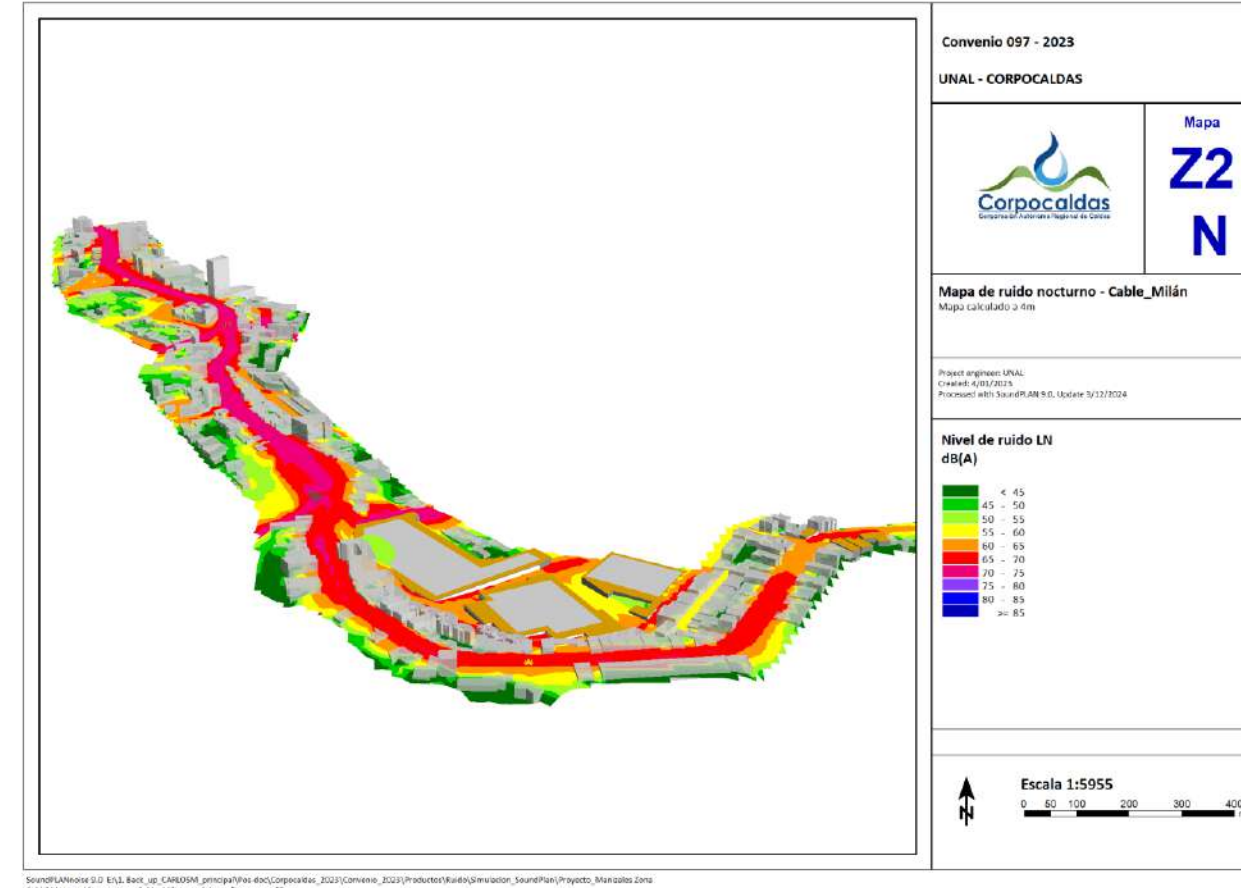
SoundPLANnoise 9.0 C:\Users\usuario\Desktop\Simulacion_SoundPlan\Proyecto_Manizales Zona Centro\Mapa_ruido_diurno_Centro_modelo_trafico_nuevo_3D.sgi

SoundPLANnoise 9.0 C:\Users\usuario\Desktop\Simulacion_SoundPlan\Proyecto_Manizales Zona Centro\Mapa_ruido_nocturno_Centro_modelo_trafico_nuevo_3D.sgi

Resultados: Mapas de ruido por sectores y análisis de sesgos

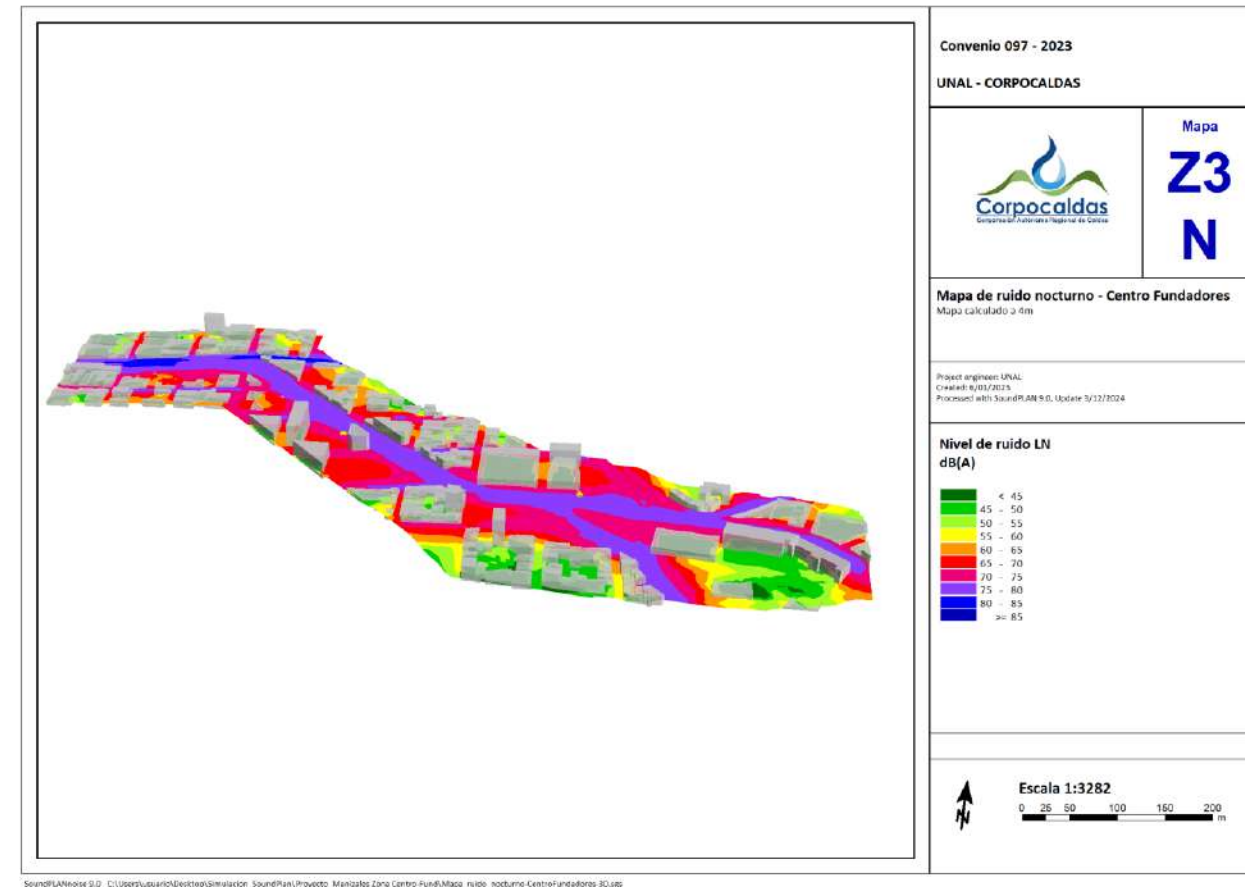
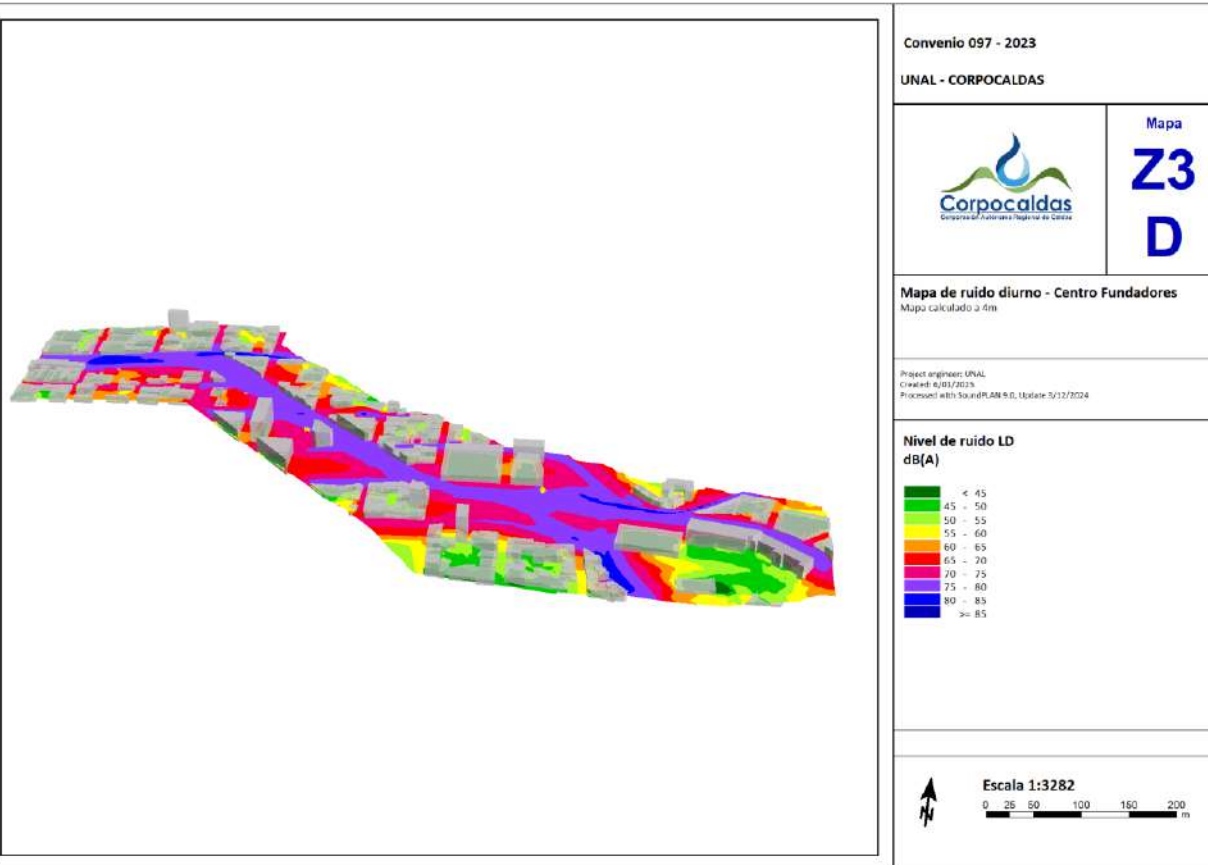


Mapas finales en Sector 2 – Cable-Milán para periodo diurno y nocturno



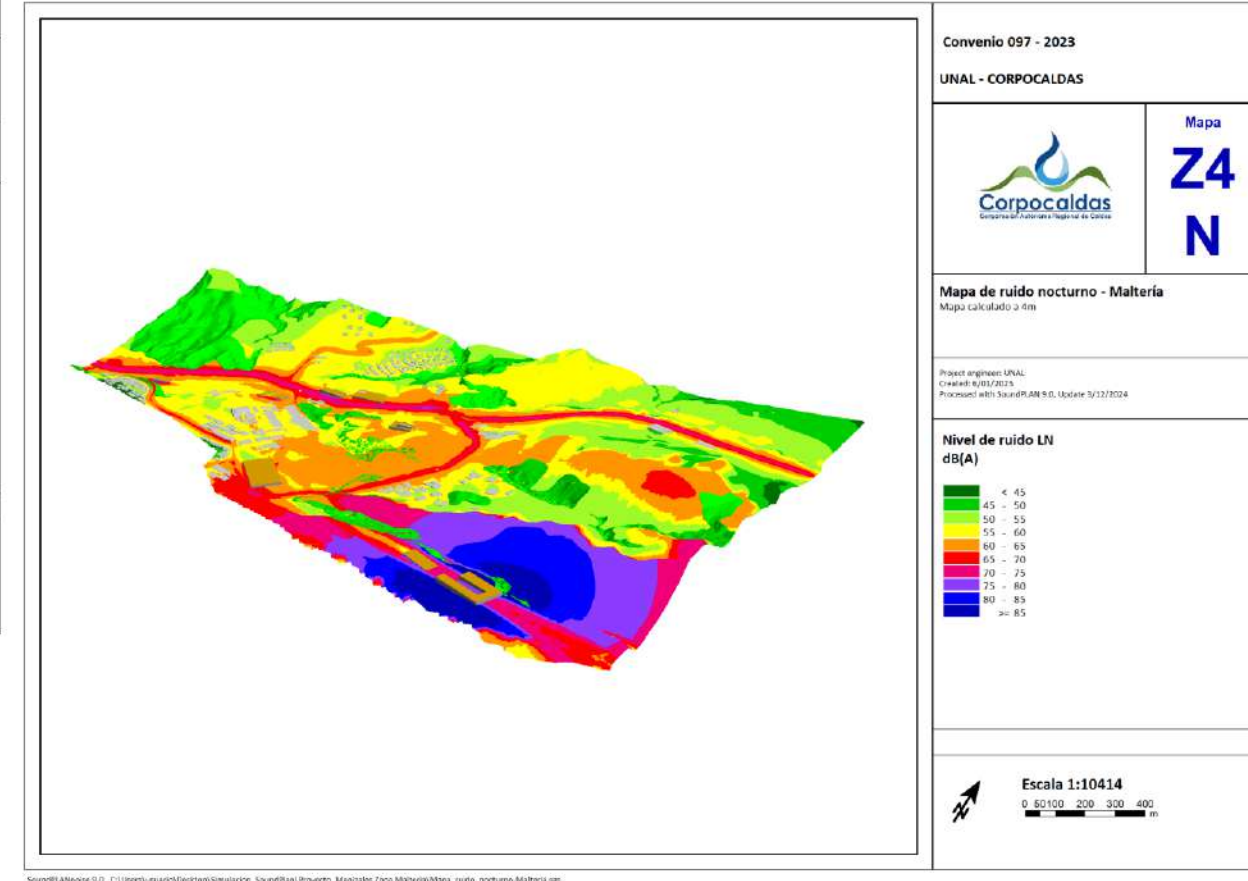
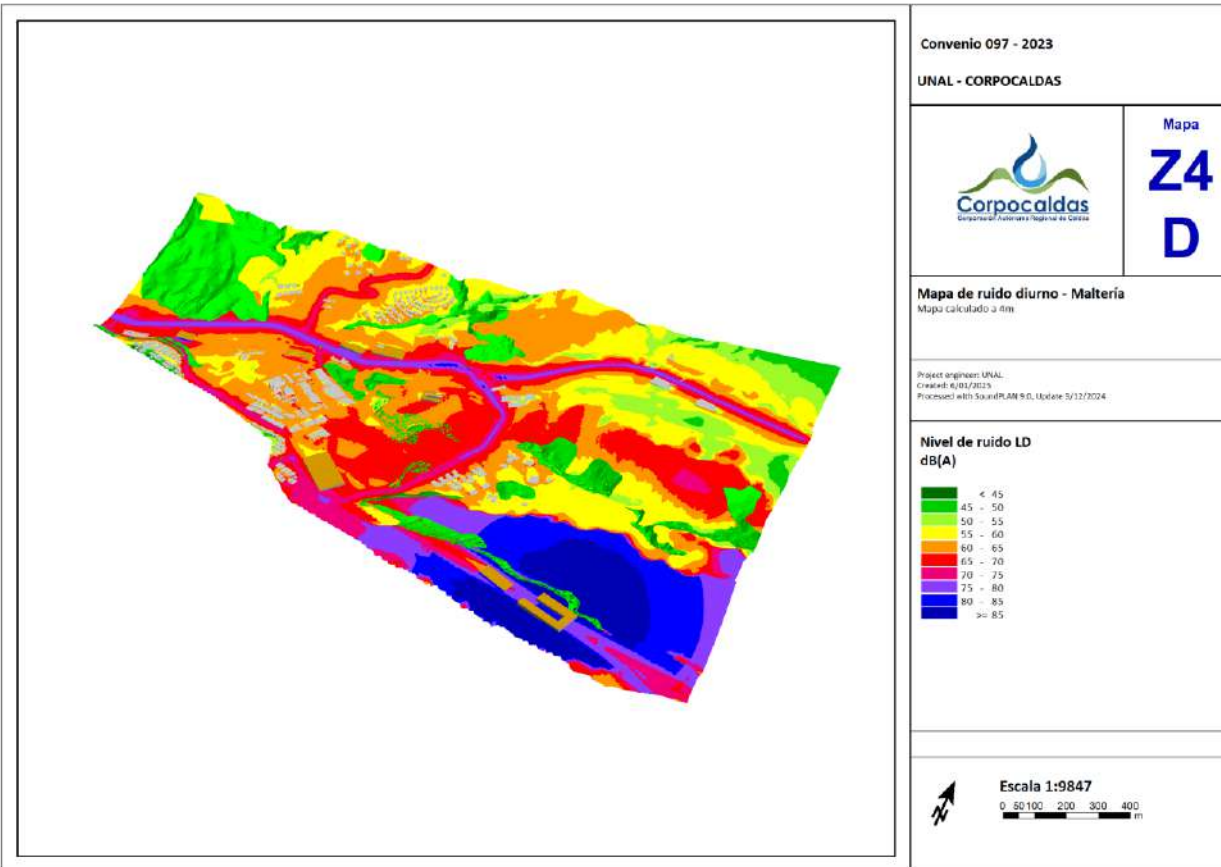
Resultados: Mapas de ruido por sectores y análisis de sesgos

Mapas finales en Sector 3 – Centro-Fundadores para periodo diurno y nocturno



Resultados: Mapas de ruido por sectores y análisis de sesgos

Mapas finales en Sector 4 – Maltería para periodo diurno y nocturno



■ **Consideraciones finales**

- ❑ El uso de información derivada de ejercicios de simulación de tráfico resulta ser de gran utilidad para proveer información de entrada en simulación de ruido a nivel urbano.
- ❑ La obtención información de tráfico a partir de conteos vehiculares en zonas con dinámicas de tráfico complejas, tiene un alto costo (tiempo, recurso humano).
- ❑ Importante una evaluación básica de sesgos en ejercicios de simulación de ruido. Práctica que no es tan común.
- ❑ Insumo importante para la gestión de ruido en la ciudad.



Agradecimientos

- Corpocaldas y la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales – Convenio interadministrativo 097-2023
- Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental
- Miguel Mesa – EGS Solutions



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Grupo de trabajo académico en
Ingeniería Hidráulica y Ambiental



GRACIAS

cmgonzalezd@unal.edu.co

Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science