

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN
LAS PRINCIPALES CALLES Y AVENIDAS DE LA
CIUDAD DE TACNA MEDIANTE LA
ELABORACIÓN DE MAPAS
DE RUIDO

TESIS

Presentada por:

Bach. Percy Segundo Valencia Verástegui

Para optar por el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

TACNA - PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

TESIS

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LAS

PRINCIPALES CALLES Y AVENIDAS DE LA

CIUDAD DE TACNA MEDIANTE LA

ELABORACIÓN DE MAPAS

DE RUIDO

SUSTENTADA Y APROBADA EL 13 DE JULIO DEL 2023, SIENDO EL

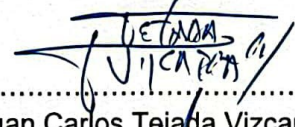
JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



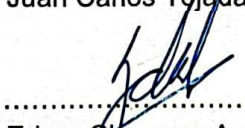
.....
Dr. Efrén Eugenio Chaparro Montoya

SECRETARIO:



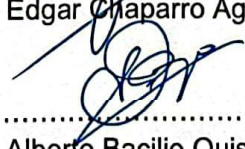
.....
Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

VOCAL:



.....
Dr. Edgar Chaparro Aguilar

ASESOR:



.....
Dr. Alberto Bacilio Quispe Cohaila

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Alberto Bacilio Quispe Cohaila en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 6739-2022-FCAG de la tesis titulada: “Evaluación de la contaminación acústica en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido” presentada por Bach. Percy Segundo Valencia Verástegui de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para optar el título de Ingeniero Ambiental.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual considerando que, según la revisión actualizada, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es del 7 % , por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis “Evaluación de la contaminación acústica en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido” y está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del grado/ título/ especialidad.

Tacna, 23 de mayo del 2023



Dr. Alberto Bacilio Quispe Cohaila

DNI: 00419682

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, quien sobre todas las cosas acompañó mi camino y tuvo la paciencia suficiente para volverme al sendero del bien.

A mi querida madre y a mi hermano quienes demostraron su amor y confianza a diario y sobre todo en los momentos más importantes.

A mis seres queridos quienes, supieron acompañarme noblemente a alcanzar fielmente el objetivo.

A todo aquel que puso un granito de arena para que esta tesis se pueda materializar, esta tesis no es solo mía, es de todos ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque me dio la oportunidad de conocer esta grandiosa carrera y a toda la gente que me puso y me sigue poniendo en ese camino.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por haberme impartido conocimientos profesionales y por haberme inculcado las bases para ser un gran profesional.

Al Dr. Alberto Quispe Cohaila, mi asesor de tesis, quien, sin haberme enseñado en la universidad puso al alcance mío su tiempo y conocimientos buscando el mismo objetivo que yo incluso sin conocerme

A todos los docentes que me enseñaron desde el colegio hasta el fin de mi etapa universitaria.

A mi madre, Maribel Verástegui Quintanilla quien no solo me dio la vida, sino que me dio las herramientas necesarias para ser competitivo y resaltar en cualquier ambiente en que me encuentre, esta tesis es el fruto de 24 años de esfuerzo.

A todas y todos los que me brindaron su apoyo para la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	5
1.2.1 Formulación del problema general	5
1.2.2 Formulación de los problemas específicos	5
1.3 Delimitación de la investigación.....	6

1.3.1	Delimitación temporal	6
1.3.2	Delimitación espacial	6
1.3.3	Delimitación teórica	6
1.4	Justificación de la investigación	7
1.4.1	Justificación social	7
1.4.2	Justificación económica	8
1.4.3	Justificación ambiental	9
1.5	Limitaciones	10

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1	Objetivos	11
2.1.1	Objetivo general	11
2.1.2	Objetivos específicos	11
2.2	Hipótesis	12
2.2.1	Hipótesis general	12
2.2.2	Hipótesis específicas	12
2.3	Variables	13
2.3.1	Diagrama de variables	13

2.3.2	Indicadores de variables.....	14
2.3.2.1	Variables dependientes.....	14
2.3.2.2	Variables independientes.....	14
2.3.3	Operacionalización de las variables.....	14

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1	Antecedentes bibliográficos.....	16
3.1.1	Nivel internacional.....	16
3.1.2	Nivel nacional.....	18
3.2	Bases teóricas.....	23
3.2.1	Fuentes de ruido.....	23
3.2.1.1	Ruido generado por medios de transporte.....	23
3.2.1.2	Ruido generado por la industria.....	24
3.2.2	Propagación del sonido.....	25
3.2.3	Tipos de ruido.....	26
3.2.3.1	Ruido continuo.....	26
3.2.3.2	Ruido fluctuante.....	26
3.2.3.3	Ruido intermitente.....	27

3.2.3.4 Ruido de impacto	27
3.2.3.5 Ruido de fondo	27
3.2.3.6 Ruido estable	28
3.2.4 Efectos de la contaminación acústica en las personas	28
3.2.4.1 Daño auditivo	28
3.2.4.2 Alteraciones en órganos distintos a la audición	32
3.2.5 Mapas de ruido	32
3.3 Definición de términos	33
3.3.1 Sonido	33
3.3.2 Ruido	33
3.3.3 Calidad acústica	33
3.3.4 Contaminación acústica	34
3.3.5 Trauma acústico	34
3.3.6 Decibel	35
3.3.7 Nivel de presión sonora	35
3.3.8 Ponderación A	35

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Tipo y diseño de investigación.....	36
4.1.1	Tipo de investigación.....	36
4.1.2	Nivel de investigación.....	36
4.1.3	Diseño de investigación	36
4.2	Población y muestra de estudio.....	37
4.2.1	Población	37
4.2.2	Muestra	37
4.3	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	40
4.3.1	Técnicas de recolección	40
4.3.1.1	Selección de puntos de muestreo y zonificación	40
4.3.1.2	Monitoreo de niveles de presión sonora.....	44
4.3.1.3	Días y horarios de monitoreo	44
4.3.1.4	Monitoreo del monóxido de carbono	45
4.3.2	Instrumentos de recolección.....	46
4.4	Materiales y/o instrumentos.....	46
4.4.1	Materiales	46

4.4.2	Equipos	46
4.5	Procedimiento y análisis de objetivos.....	47
4.5.1	Medición y determinación de los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono	47
4.5.1.1	Mapas de ruido y de concentración de monóxido de carbono.....	47
4.5.1.2	Relación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono	53
4.5.3	Propuesta de medidas de mitigación para reducir los niveles de ruido.....	54

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1	Resultados.....	55
5.1.1	Medición de los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	55
5.1.2	Análisis de la correlación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	63

5.1.3	Elaboración de mapas de ruido y de monóxido de carbono para mitigar los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	72
5.2	Discusión de resultados.....	83
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES.....	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
	ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables	15
Tabla 2. Ubicación de los puntos de monitoreo del 1 al 19	38
Tabla 3. Ubicación de los puntos de monitoreo del 20 al 38	39
Tabla 4. División del área de estudio	42
Tabla 5. Leyenda de mapas de ruido en el horario diurno	51
Tabla 6. Leyenda de mapas de ruido en el horario nocturno	52
Tabla 7. Leyenda de mapas de concentración de CO	52
Tabla 8. Nivel de correlación de Pearson.....	53
Tabla 9. Análisis de T Student del nivel de ruido por vía de tránsito y horario de monitoreo	59
Tabla 10. Análisis de T Student de la concentración de monóxido de carbono por vía de tránsito y horario de monitoreo	64
Tabla 11. Prueba de T Student para el nivel de ruido y concentración de monóxido de carbono del área total monitoreada (38 puntos) según horario	65
Tabla 12. Análisis de la desviación estándar, correlación de Pearson y covarianza de los datos de ruido y monóxido de carbono en el horario diurno por vía de tránsito.....	68

Tabla 13. Análisis de la desviación estándar, correlación de Pearson y covarianza de los datos de ruido y monóxido de carbono en el horario nocturno por vía de tránsito.....	70
Tabla 14. Correlación de Pearson y covarianza de los niveles de ruido y monóxido de carbono del área total monitoreada (38 puntos) según horario	71
Tabla 15. Valores promedio más altos del monitoreo diurno de ruido y CO en las calles y avenidas de la ciudad de Tacna	73
Tabla 16. Valores promedio más altos del monitoreo nocturno de ruido y aire en las calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	74
Tabla 17. Medidas de mitigación para los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	83
Tabla 17. Prueba T - Student de los puntos críticos de los mapas de ruido de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna ,.....	78
Tabla 18. Cronograma de las medidas de mitigación para los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	83
Tabla 19. Datos recopilados en el monitoreo diurno de ruido del punto 1 al 38 de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	110

Tabla 20. Datos recopilados en el monitoreo diurno de ruido del punto 20 a 38 de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	110
Tabla 21. Datos recopilados en el monitoreo nocturno de ruido del punto 1 al 19 de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	111
Tabla 22. Datos recopilados en el monitoreo nocturno de ruido del punto 20 al 38 en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	112
Tabla 23. Datos recopilados en el monitoreo diurno de monóxido de carbono del punto 1 al 19 de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	113
Tabla 24. Datos recopilados en el monitoreo diurno de monóxido de carbono del punto 20 al 38 de las principales calles y avenidas de la Ciudad de Tacna.....	114
Tabla 25. Datos recopilados en el monitoreo nocturno de monóxido de carbono del punto 1 al 19 en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.....	115
Tabla 26. Datos recopilados en el monitoreo nocturno de monóxido de carbono del punto 20 al 38 en las principales calles y avenidas de la Ciudad de Tacna.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo de las variables	13
Figura 2. Ubicación del área de monitoreo de niveles de ruido y monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	43
Figura 3. Nivel de ruido promedio en el horario diurno en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	56
Figura 4. Nivel de ruido promedio en el horario nocturno en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	57
Figura 5. Concentración de monóxido de carbono (CO) promedio en el horario diurno en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna	61
Figura 6. Concentración de monóxido de carbono (CO) promedio en el horario nocturno en las principales calles y avenidas de la Ciudad de Tacna	62
Figura 7. Mapa de ruido promedio del horario diurno	76
Figura 8. Mapa de ruido promedio del horario nocturno	77
Figura 9. Mapa de concentración de CO promedio del horario diurno.....	80

Figura 10. Mapa de concentración de CO promedio del horario
nocturno.....80

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Recopilación de datos.....	109
Anexo 2. Matriz de consistencia.....	117
Anexo 3. Panel fotográfico del trabajo experimental.....	118

RESUMEN

La contaminación acústica es un serio problema ambiental que afecta a numerosas ciudades en todo el mundo. El objetivo de este estudio fue evaluar la contaminación acústica en las calles y avenidas principales de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo mediciones de ruido (dBA) y monóxido de carbono (CO) en 38 ubicaciones, tanto en horario diurno (7:00 a 11:00 h) como en horario nocturno (22:00 a 2:00 h). Los resultados obtenidos revelaron la presencia de contaminación acústica en la zona, el promedio de nivel de ruido y concentración de monóxido de carbono del área total de estudio fue de 66,77 dBA y de 1,55 ppm en el horario diurno y de 61,51 dBA y 1,40 ppm en el horario nocturno. El coeficiente de correlación de Pearson de las variables en el área total de estudio por horario de monitoreo fue de 0,29 en el turno diurno y 0,34 en el turno nocturno, lo que indicó una relación positiva de tendencia débil a moderada entre ambas variables. Por último, se elaboraron los mapas de ruido y de monóxido de carbono para mitigar los puntos críticos identificados.

Palabras clave: Ruido, decibeles, monóxido de carbono, contaminación acústica, mapa de ruido

ABSTRACT

Noise pollution is a significant environmental issue that affects numerous cities worldwide. The aim of this study was to assess noise pollution in the main streets and avenues of Tacna city by creating noise maps. To achieve this objective, measurements of noise levels (in dBA) and carbon monoxide (CO) were conducted at 38 locations, both during daytime (7:00 to 11:00 h) and nighttime (22:00 to 2:00 h). The results revealed the presence of noise pollution in the area. The average noise level and carbon monoxide concentration in the total study area were 66,77 dBA and 1,55 ppm during daytime, and 61,51 dBA and 1,40 ppm during nighttime. The Pearson correlation coefficient between the variables in the total study area for the monitoring periods was 0,29 during the daytime shift and 0,34 during the nighttime shift, indicating a weak to moderate positive relationship between the two variables. Finally, noise and carbon monoxide maps were created to address the identified critical points.

Keywords: Noise, decibels, carbon monoxide, noise pollution, noise map

INTRODUCCIÓN

A medida que la sociedad se vuelve más consciente acerca de temas como el estrés, la ergonomía y el cuidado del medio ambiente, aspectos que antes parecían carecer de importancia han adquirido mayor relevancia en nuestra vida diaria. Es así como uno de los problemas ambientales que afecta a numerosas ciudades en todo el mundo, como la contaminación acústica, toma mayor importancia por su implicancia en la salud de las personas y los seres vivos (Stansfeld et al., 2021).

La exposición constante a altos niveles de ruido tiene efectos negativos en la salud y el bienestar de las personas, incluyendo problemas auditivos, trastornos del sueño, dificultades de concentración y aumento de los niveles de estrés. Por lo tanto, se ha vuelto esencial investigar y comprender mejor este fenómeno para poder tomar medidas efectivas de control y prevención (Hahad et al., 2019).

Tacna, al igual que muchas otras áreas urbanas, enfrenta desafíos significativos en cuanto a la calidad del ambiente acústico. El ruido excesivo generado por el tráfico vehicular, las actividades comerciales y las

construcciones urbanas se ha convertido en un problema recurrente que afecta la calidad de vida de los residentes (García, 2016). Se plantea como una de las principales hipótesis que el parque automotor de la ciudad de Tacna es la principal causa de la contaminación acústica. Se argumenta que la presencia de una gran cantidad de vehículos antiguos, así como una considerable cantidad de vehículos sin el mantenimiento adecuado, contribuye significativamente a los niveles de ruido (Churata, 2021). Además, se añade que estos vehículos menos eficientes no solo generan mayor ruido, sino que también consumen más combustible en comparación con los vehículos más modernos o en buen estado (Yagua, 2016). Esto sugiere una posible correlación entre estas dos variables que sería el ruido y las emisiones de monóxido de carbono (Tirado et al., 2021).

Para comprobar estas hipótesis, el objetivo de la investigación fue realizar un monitoreo de ruido y de aire de manera simultánea en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna, luego se propuso analizar los datos de diagnóstico y elaborar mapas de ruido y concentración de monóxido de carbono para mitigar los puntos críticos identificados.

En el Capítulo I se aborda el planteamiento del problema, que incluye el planteamiento y formulación del problema, la justificación y alcances y

limitaciones de la investigación. En el Capítulo II se presentan los objetivos, hipótesis y variables de estudio. El Capítulo III expone los antecedentes del estudio, las bases teóricas y las definiciones de los términos clave. El Capítulo IV introduce el marco metodológico, donde se describe el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección, procesamiento y análisis de datos. El Capítulo V se dedica a presentar los resultados obtenidos en relación con los objetivos planteados, conjunta con una discusión comparativa con otros autores relevantes. Además, se incluyen las conclusiones, las recomendaciones para futuras investigaciones, las referencias bibliográficas y, finalmente, los anexos que contienen fotografías y/o evidencias relevantes del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La contaminación acústica es un problema ambiental cada vez más relevante, especialmente en áreas urbanas donde el crecimiento demográfico y el aumento del tráfico vehicular han contribuido a niveles de ruido cada vez más altos (Alfie & Salinas, 2017). Esta problemática ha despertado preocupación debido a los efectos negativos que puede tener en la salud y el bienestar de las personas expuestas a niveles constantes de ruido (Quispe et al., 2021).

En este contexto, la ciudad de Tacna, a pesar de su tamaño reducido, no está exenta de esta problemática, especialmente en su centro histórico, donde se concentra una importante actividad comercial y se encuentra la transitada av. Bolognesi.

Por tanto, el objetivo principal de este estudio es evaluar los niveles de ruido en el centro histórico de Tacna y elaborar mapas de ruido que reflejen la distribución y magnitud de esta contaminación acústica. El

propósito es comprender la magnitud de la exposición al ruido a la que se enfrenta la población local en esta área.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Formulación del problema general

¿Cómo se pretende realizar mapas de ruido para evaluar la contaminación acústica en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna?

1.2.2 Formulación de los problemas específicos

¿Cuáles son los niveles de ruido y de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna?

¿Se pueden proponer medidas de mitigación en los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna a partir de los mapas de ruido?

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Delimitación temporal

Para recopilar los datos de la parte experimental, se estableció un período de 14 días para llevar a cabo el monitoreo. Esta duración fue necesaria para garantizar la obtención de datos durante todos los días de la semana, de lunes a domingo. Además, considerando la cantidad de puntos de monitoreo involucrados, resultó prácticamente imposible completar todas las mediciones en una sola semana.

1.3.2 Delimitación espacial

El estudio se desarrolló en la región de Tacna, provincia de Tacna, distrito de Tacna, seleccionando las principales calles y avenidas comprendidas entre la Av. 2 de Mayo y Av. Bolognesi.

1.3.3 Delimitación teórica

El presente estudio se centró en el monitoreo de ruido y aire (monóxido de carbono) en los horarios diurnos y nocturnos de las principales calles y avenidas comprendidas entre la av. Dos de Mayo y av. Bolognesi.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación social

La exposición al ruido es una de las problemáticas más frecuentes en relación con la salud ocupacional, pudiendo causar una serie de trastornos crónicos y daños irreversibles en la audición (Sordello et al., 2019). Sin embargo, a menudo la medición y el estudio de los niveles de ruido son subestimados en comparación con otros tipos de contaminación urbana. Esto se debe a que los efectos del ruido no generan impactos visuales evidentes, lo que lleva a que se les dé menos importancia y se relegue a un segundo plano en las agendas de planificación urbana.

La exposición prolongada a niveles altos de ruido puede desencadenar problemas de salud crónicos, como trastornos del sueño, estrés, problemas cardiovasculares y deterioro de la capacidad auditiva (Senzaki et al., 2020). Además, el ruido excesivo en entornos urbanos puede afectar la calidad de vida, causar molestias y perturbar la concentración y el rendimiento en las actividades diarias.

De tal manera, aunque los efectos del ruido no sean visibles a simple vista, su impacto en la salud y el bienestar de las personas no debe subestimarse. Es crucial incluir la medición y evaluación de la

contaminación acústica como parte integral de la planificación urbana y adoptar medidas efectivas para controlar y reducir el ruido en los entornos urbanos. De esta manera, se podrá garantizar una mejor calidad de vida para todos los habitantes de las ciudades.

1.4.2 Justificación económica

La pérdida de audición causada por el ruido sigue siendo un problema prevalente, especialmente en entornos laborales, y su incidencia está aumentando. De acuerdo con Baffoe et al. (2022) los efectos adversos del ruido no solo afectan el sistema auditivo, sino también la morfología y fisiología de otros órganos y sistemas no directamente relacionados con la audición.

En el caso específico del centro histórico de la ciudad de Tacna, una zona con una importante actividad comercial, es crucial considerar los niveles de ruido presentes. Si los niveles de ruido son excesivamente altos y generan incomodidad para las personas que transitan o trabajan en la zona, esto puede tener consecuencias negativas para los negocios locales. Los potenciales clientes pueden optar por buscar otras áreas comerciales donde puedan realizar sus compras en un ambiente más tranquilo. Esta situación podría resultar en una disminución de las ventas en los centros

comerciales ubicados en el centro histórico, lo que a su vez afectaría los ingresos de los comerciantes y empresarios locales.

1.4.3 Justificación ambiental

La contaminación acústica es una forma de contaminación ampliamente extendida, especialmente en las áreas urbanas, donde múltiples fuentes de ruido contribuyen tanto cualitativa como cuantitativamente (Radun et al., 2022).

El exceso de ruido en entornos urbanos no solo afecta a los seres humanos, sino también a los animales que comparten esos espacios. Estos animales pueden experimentar niveles de estrés similares a los humanos cuando se encuentran expuestos a ruido constante durante períodos prolongados de tiempo (Kumar & Kumar, 2018). Este estrés puede tener impactos negativos en su bienestar y comportamiento, afectando su capacidad de reproducción, alimentación y supervivencia en general (Oguntunde et al., 2019).

Además, se han llevado a cabo investigaciones previas sobre los niveles de contaminación acústica en la zona, respaldando la afirmación de Yagua (2016) de la existencia de problemas relacionados con este tipo de

contaminación. Sin embargo, dichas investigaciones solo sirven para sentar un precedente al respecto, pero quedan cortos para evaluar adecuadamente el problema.

1.5 Limitaciones

Debido a la cantidad de puntos de monitoreo y el tiempo necesario para completar cada muestreo, resultó inviable realizar la medición de todos los puntos en una sola semana.

Además, el alto costo de cada equipo necesario para el monitoreo hizo que la adquisición fuera dificultosa, por lo que se optó por alquilarlos para llevar a cabo el estudio.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Evaluar la contaminación acústica de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido.

2.1.2 Objetivos específicos

Medir los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.

Elaborar mapas de ruido y de monóxido de carbono para realizar propuestas de mitigación en los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis general

Sí se puede evaluar la contaminación acústica de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido.

2.2.2 Hipótesis específicas

Los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono son diferentes en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.

La elaboración de mapas de ruido y de monóxido de carbono permite conocer los puntos críticos y realizar propuestas de mitigación en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.

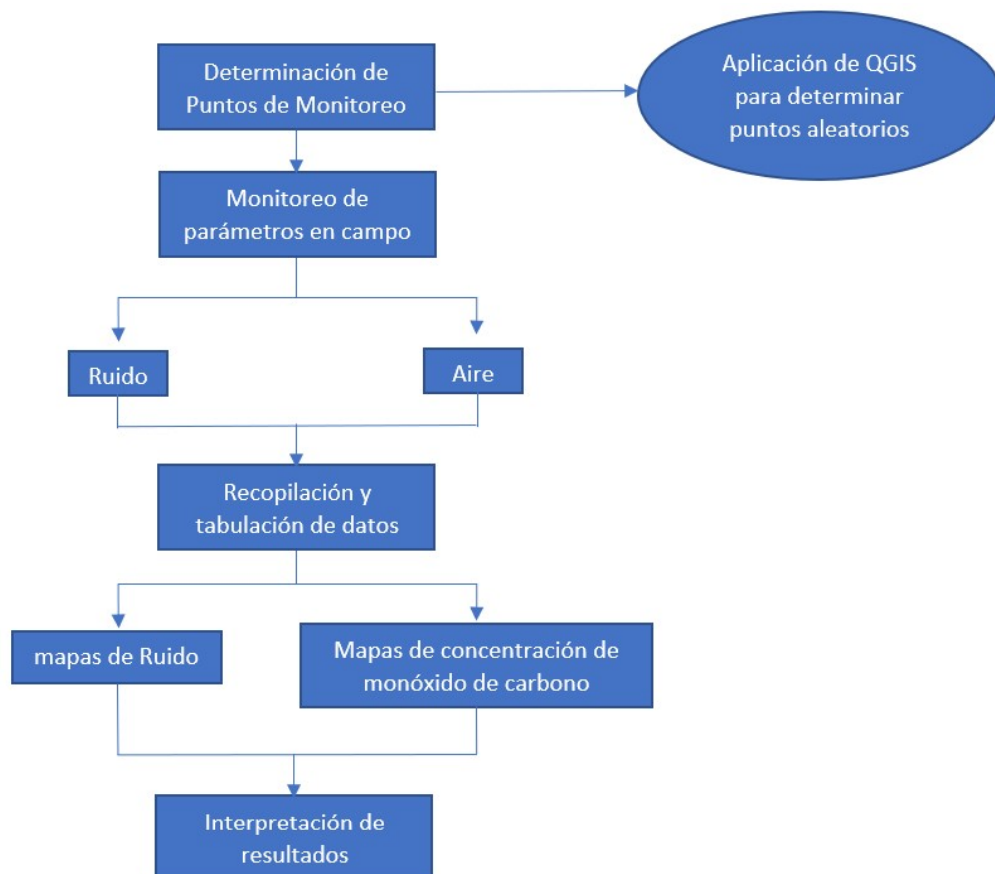
2.3 Variables

2.3.1 Diagrama de variables

En la figura 1 se representa de manera visual el flujo de las variables involucradas viendo su relación en el contexto de la presente investigación.

Figura 1

Diagrama de flujo de las variables



2.3.2 Indicadores de variables

2.3.2.1 Variables dependientes

Las variables dependientes de la presente investigación fueron:

- Horario del monitoreo.
- Principales calles y avenidas.

2.3.2.2 Variables independientes

Las variables independientes de la presente investigación fueron:

- Contaminación acústica.
- Contaminación por monóxido de carbono (CO).

2.3.3 Operacionalización de las variables

En la tabla 1 se mencionan las variables, dimensiones e indicadores que se emplearon para la realización de la presente investigación.

Tabla 1*Operacionalización de las variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores
VARIABLES DEPENDIENTES		
X ₁ : Horario del monitoreo	Según normativa vigente.	Tiempo Universal Coordinado UTC – 5
X ₂ : Principales calles y avenidas	Determinado por ubicación.	Puntos de monitoreo
VARIABLE INDEPENDIENTE		
Y ₁ : Contaminación acústica	Se considera como tal cuando supera los valores presentes en el D.S. 085-2003-PCM “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”.	Decibeles (dBA).
Y ₂ : Contaminación por monóxido de carbono (CO)	Se considera como tal cuando supera los valores presentes en el D.S. 003-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias”.	Partes por millón (ppm)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes bibliográficos

3.1.1 Nivel internacional

Sánchez (2015) en su investigación titulada “Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva)” buscó proporcionar una herramienta para mejorar el clima acústico de este tipo de ciudades. Llevó a cabo un estudio durante un período de cuatro años donde se realizaron mediciones y se desarrollaron mapas de ruido. Finalmente concluyó que la carretera A-5052 es la principal fuente de contaminación acústica en El Portil, generando un nivel continuo equivalente de ruido 5,04 dBA mayor en verano que en invierno. Durante los períodos nocturnos de invierno, los niveles de ruido de fondo alcanzan los 37 dBA durante un lapso de 5 horas (de 01:00 a 06:00 h), mientras que en verano alcanzan los 40 dBA durante solo 1 hora (de 3:30 a 04:30 h).

Saquisilí (2015) en su investigación titulada “Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad de Azogues” logró medir, representar y evaluar los niveles de presión sonora en diversos

puntos de la zona urbana de Azogues mediante la realización de dos monitoreos. En el primer monitoreo, se encontró que la mayoría de los puntos de medición superaban los estándares de calidad ambiental debido principalmente al tráfico vehicular. En el segundo monitoreo, la mayoría de los puntos no cumplían con la normativa en la mañana, pero sí lo hacían durante el mediodía y la tarde.

Arellano-Avelar et al. (2017) en su investigación titulada “Niveles de ruido en puntos críticos del canal de la avenida Patria, Zapopan, Jalisco, México” determinaron los niveles de ruido a los que están expuestas las personas en una zona con un alto flujo vehicular en la ciudad de Guadalajara. Los resultados de los niveles de presión sonora registrados en los puntos de muestreo durante la investigación oscilaron entre 51 dBA y 97 dBA. Según la investigación, los residentes de la zona estudiada están expuestos a niveles superiores a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que son de 45 dBA durante el horario nocturno y 55 dBA durante el horario diurno.

Lucero (2022) en su investigación titulada “Explorando las relaciones entre ruido ambiental, material particulado y monóxido de carbono en comunas de Santiago” observó correlaciones diferentes en las mediciones

realizadas en vías de tránsito vehicular y en parques, por lo que no fue posible establecer una relación clara entre los contaminantes atmosféricos y el ruido durante los períodos de toma de muestras.

3.1.2 Nivel nacional

Licla (2016) en su investigación denominada “Evaluación y percepción social del ruido ambiental generado por el tránsito vehicular en la zona comercial del distrito de Lurín” determinó que, en la zona comercial del distrito de Lurín, los niveles de ruido medidos superan el límite máximo establecido por los estándares nacionales de calidad ambiental, que es de 70 dBA. De las 22 estaciones de monitoreo ubicadas en la zona comercial, se encontró que en 21 de ellas los niveles de ruido superan dicho límite, excediendo en más de 3 dBA los valores registrados en las estaciones de monitoreo cercanas a la antigua panamericana sur.

García (2016) en su investigación llamada “Evaluación de la contaminación acústica de la zona comercial e industrial de la ciudad de Tacna 2016” llegó a la conclusión de que, durante los días de semana, el periodo II (12:00 - 14:00 h) presenta la mayor cantidad de puntos monitoreados (61,84 %) con niveles de sonido superiores a los 60 dB, seguido de una disminución en el periodo III (15:00 - 17:00 h) con un

52,41 % de inaceptabilidad. En cuanto a los periodos de fin de semana, periodo IV (09:00 - 11:00 h) y periodo V (14:00 - 16:00 h), se observó una inaceptabilidad que osciló entre el 56,55 % y el 57,93 %, mostrando una variabilidad mínima.

Yagua (2016) en su investigación denominada “Evaluación de la contaminación acústica en el centro histórico de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido – 2016” pudo identificar que dos vías, la av. Bolognesi y la av. Patricio Meléndez, presentan niveles de presión sonora superiores a las demás, oscilando entre 70 dBA y 75 dBA. Además, se llevó a cabo un estudio sobre la percepción de la población en relación al ruido, utilizando una encuesta especial. Los resultados destacados revelaron que el 92 % de la población encuestada reconoce tener algún grado de sensibilidad al ruido, y el 61 % de los participantes considera que los niveles de presión sonora son algo molestos.

Timaná (2017) en su investigación titulada “Nivel de ruido ambiental en el cercado de la ciudad de Piura” determinó que, dentro de las mediciones realizadas en el cercado de la ciudad de Piura, el valor máximo encontrado fue de 78,5 dBA correspondiente a la intersección de la av. Bolognesi y av. Circunvalación, mientras que el valor mínimo encontrado

fue de 57,6 dBA entre las calles Tacna y Moquegua. Por lo tanto, dentro de las zonas de protección especial, residencial y comercial, el 100 % de los puntos medidos sobrepasa el ECA para ruido.

Olarte (2019) en su investigación llamada “Evaluación de la contaminación acústica mediante la elaboración de mapas de ruido en el Colegio Adventista Túpac Amaru, provincia de San Román – Puno” concluyó que según los resultados obtenidos en las mediciones todas superan los ECA para la zona comercial. Asimismo, el Colegio Adventista Túpac Amaru es afectado por ruido con valores desde 70,5 dBA en el periodo 1 (7:30 – 8:00 h) y con valores desde 70,1 dBA en el periodo 3 (13:50 – 14:20 h), esto debido a los niveles elevados de ruido por tráfico vehicular y comercio ambulante.

Aguilar y Beltran (2019) en su investigación titulada “Influencia de la contaminación acústica sobre la salud de los comerciantes en los mercados modelo y Ruez Patiño del distrito de Huancayo” concluyeron que los niveles de presión sonora en los mercados analizados superan los límites establecidos en el ECA para ruido, que es de 70 dBA para la zonificación comercial. De los 10 puntos monitoreados, 9 de ellos presentaron niveles elevados. Además, se identificaron como efectos primordiales la

interferencia en las conversaciones y la pérdida de atención en el trabajo en los comerciantes del mercado Ruez Patiño. Por otro lado, en el mercado Modelo, el malestar y la pérdida de atención en el trabajo fueron los efectos más frecuentes.

Gonzales (2019) en su investigación denominada “Evaluación de la contaminación sonora y su relación con la calidad de vida de los residentes del hospital de Barranca” determinó que durante un período de medición continua de 7 días, el nivel de presión sonora promedio (L_{aeqT}) superó en promedio 21 a 22 dBA los límites establecidos en el D.S. N°085-2003-PCM para una zona de protección especial en horario diurno (50 dBA), lo que representa un exceso del 42 % en comparación con el estándar establecido. La principal fuente de ruido identificada fue el tráfico automotor, siendo la actividad generadora de mayor impacto. Además, el 46,6 % de la población manifestó interferencia en la comunicación debido al ruido, mientras que el 96,6 % experimentó interferencia en sus actividades cotidianas en diversos niveles.

Churata (2021) en su investigación titulada “Contaminación sonora y su influencia en el nivel de estrés en mercados de alta concurrencia de Tacna, 2018” encontró que los niveles de ruido en los mercados de alta

conurrencia de Tacna varían, registrando 75,75 dBA en el mercado Grau, 74,21 dBA en el mercado 28 de Julio, 64,10 dBA en la Galería Coronel Mendoza y 76,58 dBA en el mercado Central de Tacna. Se concluyó que la mayoría de estos niveles superan los límites permitidos por las normas peruanas. Además, el análisis del mapa de ruido reveló áreas específicas en cada mercado con una alta afluencia de usuarios y, por lo tanto, un alto nivel de contaminación acústica en esas zonas.

Tirado et al. (2021) en su investigación titulada “Análisis y evaluación de los niveles de CO y CO₂ en la ciudad de Tacna en relación con el parque automotor y los estándares de calidad ambiental del aire” descubrieron que el promedio de concentración de CO en los cinco lugares de estudio fue de 2697,98 µg/m³. Además, identificaron que el momento de mayor concentración de ambos contaminantes fue a las 7:00 h., se concluyó que existe una correlación positiva y baja entre la cantidad de vehículos automotores y los niveles de CO.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Fuentes de ruido

Son los elementos o actividades que generan sonidos no deseados o indeseables en el entorno, estas fuentes pueden provenir de un origen natural o artificial (Jamalizadeh et al., 2018).

De acuerdo con Moroe y Mabaso (2022) las fuentes de ruido pueden tener diferentes características que afectan la propagación y el impacto del ruido; de esta manera, algunas de estas características incluyen la potencia sonora de la fuente, la directividad (patrón de emisión del ruido), la frecuencia dominante del ruido (tonal o de banda ancha), la duración y la periodicidad de la fuente.

3.2.1.1 Ruido generado por medios de transporte

La contaminación sonora generada por los vehículos es una de las principales causas de molestias para la población urbana. Su incremento contribuye al aumento de las externalidades ambientales, como el ruido, la contaminación del aire y la generación de desechos tóxicos, entre otros impactos negativos (Jacyna et al., 2017).

El ruido del tránsito está determinado por una serie de factores como el ruido de los vehículos individuales, el flujo vehicular, la composición del tránsito, la pendiente de la vía y el tipo de perfil; además, cabe resaltar que el ruido de los vehículos individuales depende del tipo y tamaño (Farooqi et al., 2020).

3.2.1.2 Ruido generado por la industria

El ruido es uno de los contaminantes ambientales más comunes en la sociedad moderna, y los procesos industriales se reconocen como fuentes significativas de este problema (Yang et al., 2020). Lamentablemente, el ruido a menudo se acepta como algo inevitable e incluso necesario en el ámbito empresarial e industrial; de esta manera, en entornos industriales, el ruido es generado por la maquinaria y suele aumentar proporcionalmente a la potencia de las máquinas (Aragon et al., 2020).

El ruido industrial puede presentar características diversas, como frecuencias bajas o altas, componentes tonales, impulsos o patrones temporales desagradables y disruptivos. Los mecanismos rotativos y alternativos generan sonidos que incluyen diferentes componentes tonales,

mientras que los sistemas de acondicionamiento y los flujos también tienden a generar ruido en un amplio rango de frecuencias (Escobar, 2017).

3.2.2 Propagación del sonido

El sonido se propaga en el aire de manera similar a las ondas en el agua. En un espacio abierto, cuando se duplica la distancia, la amplitud de la onda se reduce a la mitad, lo que resulta en una disminución de 6 dB en el nivel de presión sonora (Gilani & Mir, 2021). La velocidad de propagación del sonido depende de las características del medio en el que se transmite, no de las características de la onda o de la fuerza que la genera (Yang et al., 2020).

De acuerdo con Iglesias-Merchan et al. (2021) la propagación de las perturbaciones sonoras ocurre mediante la compresión y expansión del medio a través del cual se desplazan. La elasticidad del medio permite que cada partícula transmita las perturbaciones a partículas adyacentes, lo que provoca el movimiento en cadena, el sonido no puede viajar en el vacío ya que requiere de un medio para hacerlo (Gheibi et al., 2022). Por lo tanto, la existencia del sonido requiere tanto una fuente de vibración mecánica como un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) a través del cual se propaga la perturbación.

La velocidad de propagación del sonido depende de la elasticidad y densidad del medio de transmisión (Jhanwar, 2016). En el caso del aire, ambas magnitudes están relacionadas con la presión atmosférica estática (P_0) y la temperatura. Bajo condiciones normales de 1 atmósfera de presión y 22 °C de temperatura, la velocidad de propagación del sonido es aproximadamente de 345 m/s (Mesene et al., 2022).

3.2.3 Tipos de ruido

De acuerdo con Kallankandy y Deswal (2023) los tipos de ruido principales son:

3.2.3.1 Ruido continuo

Se produce cuando el nivel de presión sonora se mantiene relativamente estable durante el período de observación, es decir, a lo largo de la jornada laboral (Lie et al., 2016).

3.2.3.2 Ruido fluctuante

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora instantáneos superiores a 5 dBA, durante un período de observación de 1 minuto. Se entenderá que un ruido es fluctuante cuando

la diferencia entre el NPS max y el NPS min obtenidos durante una medición de un minuto, es mayor a 5 dBA (Sordello et al., 2019).

3.2.3.3 Ruido intermitente

Se trata de un tipo de ruido en el que el nivel disminuye abruptamente hasta alcanzar el nivel del ruido de fondo en varias ocasiones durante el período de observación. Sin embargo, el tiempo durante el cual el ruido se mantiene por encima del nivel del ruido de fondo es de un segundo o más (Alfie & Salinas, 2017).

3.2.3.4 Ruido de impacto

Son ruidos que generan impactos o impulsos que originan elevaciones bruscas en el nivel de presión sonora de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo (Quispe et al., 2021).

3.2.3.5 Ruido de fondo

El ruido de fondo se refiere al nivel general de ruido presente en un ambiente determinado, que proviene de múltiples fuentes y está presente de manera constante o recurrente. Si el nivel de ruido de fondo supera los 40 dBA, se experimentarán dificultades en la comunicación oral, las cuales solo podrán resolverse parcialmente al elevar el tono de voz. A partir de los

65 dBA de ruido, la conversación se volverá sumamente difícil (Sánchez, 2015).

3.2.3.6 Ruido estable

Es aquel cuyo nivel de presión acústica ponderada permanece esencialmente constante. Se considera que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo sea inferior a 5 dBA (Arellano-Avelar et al., 2017).

3.2.4 Efectos de la contaminación acústica en las personas

De acuerdo con Oguntunde et al. (2019) los efectos del ruido sobre la salud se pueden clasificar en daño auditivo, daño psicosocial y alteraciones en órganos distintos a la audición.

3.2.4.1 Daño auditivo

El daño auditivo no depende solo de su nivel sino también de su rango de duración; sin embargo, la exposición a niveles de ruido intenso durante un período de tiempo significativo da lugar a pérdidas de audición, desplazamiento temporal o permanente del umbral de audición (Recio et al., 2016)

El deterioro auditivo se produce principalmente en el rango de frecuencias de 3 a 6 kHz, siendo los 4 kHz especialmente susceptibles (Thompson et al., 2022). Sin embargo, se considera que no habrá un deterioro auditivo cuando los niveles de ruido estén por debajo de los 75 dBA de LAeq (nivel de presión sonora equivalente ponderado A), evaluado en un período de 8 horas, incluso en casos de exposición prolongada a ruido ocupacional (Huang et al., 2021).

De acuerdo con Jamalizadeh et al. (2018) los principales efectos del ruido sobre el órgano de la audición son los siguientes:

a. Fatiga auditiva

La fatiga auditiva es el fenómeno patológico en el que se produce una disminución de la sensibilidad auditiva al finalizar la estimulación, de forma que el umbral al que es percibido un sonido, aumenta después que ese oído haya sido estimulado a elevada intensidad durante algunos minutos (O. Hernández et al., 2019).

Las posibles consecuencias de una pérdida o variabilidad en la sensibilidad auditiva pueden variar desde irritabilidad, negativismo, ira, fatiga, tensión, estrés, depresión, hasta deterioro de la memoria, capacidad

de aprender nuevas tareas, disminución de la salud psicológica y global (Singh et al., 2018).

b. Hipoacusia permanente

La hipoacusia inducida por ruido es una enfermedad irreversible pero prevenible que se considera una de las principales enfermedades profesionales debido a factores de riesgo en los procesos y operaciones industriales, se define como la hipoacusia en uno o ambos oídos, parcial o total, permanente o acumulativa (Chen et al., 2023).

El exceso de ruido daña los mecanorreceptores, que son células ciliadas (transductores muy sensibles claves para la capacidad auditiva) responsables de detectar el movimiento y convertir las vibraciones acústicas en señales neuronales (Khreis et al., 2016). Este daño ocurre cuando la elasticidad de la membrana aumenta y la velocidad de la onda disminuye a medida que se desplaza desde la base hacia la punta del órgano de Corti. En la base del órgano de Corti, la amplitud de la onda es mayor para frecuencias altas, mientras que en la punta es mayor para frecuencias bajas (Jacyna et al., 2017).

c. Daño psicosocial

La exposición a niveles inadecuados de ruido tiene múltiples efectos negativos en diversos aspectos. Además de afectar la salud auditiva, el ruido también tiene repercusiones en el bienestar general y la productividad en el lugar de trabajo (Gilani & Mir, 2021).

En primer lugar, el ruido inadecuado reduce la satisfacción laboral y la productividad. Dificulta la concentración y la atención, interrumpiendo la actividad mental y causando fatiga. Esto puede llevar a un rendimiento disminuido y aumentar el potencial de cometer errores, lo que a su vez puede aumentar el riesgo de accidentes laborales (Jacyna et al., 2017).

Además, el ruido en el entorno laboral dificulta la comunicación efectiva entre los trabajadores. La necesidad de elevar la voz para ser escuchado y comprenderse mutuamente puede generar confusiones y malentendidos, afectando la coordinación y la eficiencia en las tareas (Thompson et al., 2022).

El ruido también es una fuente de estrés, perturba el proceso normal de pensamiento, distrae la atención y puede generar sentimientos de

frustración e irritabilidad (Mapuranga et al., 2020). La exposición continua al ruido puede tener efectos negativos en la salud mental y emocional de los trabajadores, así como en su calidad de vida en general (Huang et al., 2021). Por lo tanto, es importante controlar y minimizar los niveles de ruido en el entorno laboral para promover un ambiente de trabajo saludable, seguro y productivo.

3.2.4.2 Alteraciones en órganos distintos a la audición

El ruido tiene efectos muy perjudiciales para la salud como la alteración de la presión arterial, alteración de ritmo cardíaco, depresión del sistema inmunológico, alteración de los niveles de segregación endocrina, vasoconstricción, problemas mentales, estados depresivos, etc. (Khreis et al., 2016).

3.2.5 Mapas de ruido

Los mapas de ruido son una representación gráfica del perfil de ruido de un área geográfica dada, donde los niveles de sonido se expresan como líneas de contorno similares a los contornos topográficos en un mapa convencional o como curvas isotérmicas en un mapa (Kallankandy & Deswal, 2023).

3.3 Definición de términos

3.3.1 Sonido

Se define como un fenómeno de perturbación mecánica que se propaga en un material elástico (aire, agua, metal, madera, etc.) y tiene la propiedad de estimular el sentido del oído (Geravandi et al., 2015). Es un cambio en la presión atmosférica que viaja desde la fuente en forma de onda circular, similar a las ondas que se producen cuando se arroja una piedra al agua (Jhanwar, 2016).

3.3.2 Ruido

Es un sonido no deseado que molesta, perjudica o afecta a la salud de las personas (DIGESA, 2010). El ruido corresponde a una clasificación subjetiva del sonido; técnicamente, se habla de ruido cuando su intensidad es alta (Amable et al., 2017).

3.3.3 Calidad acústica

La calidad acústica es el grado de adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en su ámbito, evaluado, entre otros factores, de acuerdo a los niveles de inmisión y emisión acústica (Thompson et al., 2022).

3.3.4 Contaminación acústica

La contaminación acústica, también conocida como contaminación sonora, es un problema característico de las sociedades industrializadas, especialmente en grandes áreas urbanas donde el tráfico vehicular es intenso y las actividades humanas generan un alto nivel de ruido. Se puede definir como la presencia en el ambiente de sonidos o vibraciones que, independientemente de su origen, causan molestias, representan un riesgo o daño para las personas, afectan el desarrollo de sus actividades o causan efectos significativos en el medio ambiente (Geravandi et al., 2015).

3.3.5 Trauma acústico

El trauma acústico es el daño a la salud que se produce en los trabajadores que están expuestos a niveles sonoros significativos como consecuencia de su trabajo (Aragon et al., 2020). Si un trabajador está expuesto repetidamente a ruidos fuertes durante mucho tiempo, la energía del sonido que entra en su oído causa fatiga y destrucción de las células auditivas en el oído interno, lo que provoca la pérdida de la audición; este daño ocurre de forma lenta, gradual e insidiosa a lo largo de los años (Singh et al., 2018).

3.3.6 Decibel

Un decibel es una unidad relativa de una señal, como potencia, voltaje, etc. Los logaritmos se usan mucho porque una señal expresada en decibeles (dB) puede traducirse fácilmente hacia arriba o hacia abajo, y también porque el oído humano responde naturalmente de forma logarítmica (Jhanwar, 2016).

3.3.7 Nivel de presión sonora

El nivel de presión acústica determina la intensidad del sonido que crea la presión acústica, es decir, el sonido que llega a una persona en un momento determinado, se mide en decibelios (dB) y se encuentra entre 0 dB de umbral de audición y 120 dB de umbral de dolor (Escobar, 2017).

3.3.8 Ponderación A

La ponderación A es la ponderación más utilizada y se utiliza para describir la respuesta del oído humano al ruido. Los resultados de las mediciones realizadas con este peso se muestran en dB(A) (Amable et al., 2017).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y diseño de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue cuantitativo, ya que se enfocó en el uso de métodos y técnicas de recopilación de datos que se basan en la medición numérica y el análisis estadístico.

4.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación que se abarcó fue descriptivo, puesto que se centró en recolectar datos objetivos y relevantes para proporcionar una representación precisa de lo que se está investigando.

4.1.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación fue experimental del tipo cuasi-experimental, debido a que el objeto de estudio no fue seleccionado de manera aleatoria.

4.2 Población y muestra de estudio

4.2.1 Población

En el marco de este estudio, se seleccionó como población de análisis a la ciudad de Tacna. Según los datos proporcionados por el INEI (2018) se cuenta con una población estimada de 100 612 habitantes, lo que representa aproximadamente el 28,82 % de la población total de la región.

4.2.2 Muestra

La muestra de la presente investigación comprende las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna, desde la av. Dos de Mayo hasta la av. Bolognesi, incluyendo también avenidas significativas como la av. Patricio Meléndez, calle Arias Aragues, calle Calderón de la Barca, entre otras. Estas áreas se caracterizan por albergar una diversidad de edificios que pertenecen tanto a entidades públicas como privadas, así como también por la presencia de viviendas y pequeños negocios. En total se seleccionaron 38 puntos de monitoreo que comprendía en totalidad la zona seleccionada, en la tabla 2 y 3 se puede observar las coordenadas y referencias de la ubicación.

Tabla 2*Ubicación de los puntos de monitoreo del 1 al 19*

Punto de monitoreo	Coordenadas		Referencia
	X	Y	
PM 1	367900,754	8008364,91	Puerta de Tacna Centro (Av. Dos de Mayo)
PM 2	368000,754	8008364,91	Intersección calle Modesto Basadre con calle Vizquerra
PM 3	368100,754	8008264,91	Plaza Zela con Av San Martín
PM 4	368000,754	8008264,91	Calle Zela entre Av Patricio Meléndez y Calle Vizquerra
PM 5	367900,754	8008264,91	Esquina calle Modesto Basadre y Av. Patricio Meléndez
PM 6	367800,754	8008264,91	Calle Modesto Basadre
PM 7	367600,754	8008164,91	Intersección calle Deústua con Av. Dos de Mayo
PM 8	367700,754	8008164,91	Intersección calle Arias Araguez y Av. Modesto Basadre
PM 9	367800,754	8008164,91	Pasaje Calderón de la Barca
PM 10	367900,754	8008164,91	Calle Zela con Av. Patricio Meléndez
PM 11	368000,754	8008164,91	Av. San Martín y calle Junín
PM 12	368100,754	8008164,91	Calle Bolívar, paralelo a Av. Bolognesi
PM 13	368000,754	8008064,91	Calle Bolívar con calle Junín
PM 14	367900,754	8008064,91	Av. San Martín
PM 15	367800,754	8008064,91	Av. San Martín con calle Arias Araguez
PM 16	367700,754	8008064,91	Calle Deústua con calle Zela
PM 17	367600,754	8008064,91	Calle Deústua
PM 18	367500,754	8008064,91	Av. Dos de Mayo
PM 19	367300,754	8007964,91	Calle Francisco Lazo con Av. Dos de Mayo
PM 20	367400,754	8007964,91	Calle Coronel Inclán

Tabla 3*Ubicación de los puntos de monitoreo del 20 al 38*

Punto de monitoreo	Coordenadas		Referencia
	X	Y	
PM 21	367500,754	8007964,91	Calle Hipólito Unanue con calle Zela
PM 22	367600,754	8007964,91	Calle 28 de Julio con calle Zela
PM 23	367700,754	8007964,91	Calle Deústua con Av. San Martín
PM 24	367800,754	8007964,91	Pasaje Libertad
PM 25	367900,754	8007964,91	Av. San Martín
PM 26	367800,754	8007864,91	Av. San Martín con calle Apurímac
PM 27	367700,754	8007864,91	Calle Ayacucho con calle Bolívar
PM 28	367600,754	8007864,91	Calle Alfonso Ugarte con Av. San Martín
PM 29	367500,754	8007864,91	Calle Coronel Inclán con Av. San Martín
PM 30	367400,754	8007864,91	Av. Francisco Lazo con calle Zela
PM 31	367300,754	8007864,91	Calle Zela con calle Cusco
PM 32	367300,754	8007764,91	Calle Cusco
PM 33	367400,754	8007764,91	Calle Blondel con Calle Francisco Lazo
PM 34	367500,754	8007764,91	Calle Callao con calle Arequipa
PM 35	367600,754	8007764,91	Calle Bolívar con calle Alfonso Ugarte
PM 36	367700,754	8007764,91	Av. Bolognesi
PM 37	367601,2	8007666,8	Av. Bolognesi con calle Arequipa
PM 38	367500,754	8007664,91	Calle Mollendo con calle Bolívar

4.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

4.3.1 Técnicas de recolección

4.3.1.1 Selección de puntos de muestreo y zonificación

Los puntos de monitoreo se seleccionaron siguiendo la metodología propuesta por Yagua (2016) en la misma ciudad. Con el objetivo de obtener resultados precisos para la elaboración de mapas de ruido, se llevaron a cabo mediciones del nivel de presión sonora en puntos seleccionados de manera aleatoria dentro de un área definida.

Para garantizar la representatividad de los datos, se utilizarán grillas de 100 m x 100 m y 200 m x 200 m superpuestas en un plano de retícula. Los puntos de medición se determinarán en los nodos de la cuadrícula, es decir, en los vértices que coinciden entre las grillas. En caso de que no sea posible realizar la medición en ese lugar específico, se tomará en consideración la vía más cercana, anotando el motivo por el cual no se pudo realizar la medición en el punto inicialmente designado.

Para el procesamiento de los datos recopilados, se implementó un enfoque de subdivisión del área total de estudio en función de las principales avenidas y calles. Esto se llevó a cabo con el objetivo de identificar y comparar los resultados de manera más efectiva, en la tabla 4

se puede mostrar la división de los puntos de muestreo, los cuales se seleccionaron en base a las vías de tránsito que conformaban la zona de estudio. Esta estrategia permitió identificar cuatro avenidas principales: Av. Francisco Bolognesi, Av. Patricio Meléndez, Av. 2 de Mayo y Av. San Martín; además, se identificaron 12 calles y un pasaje.

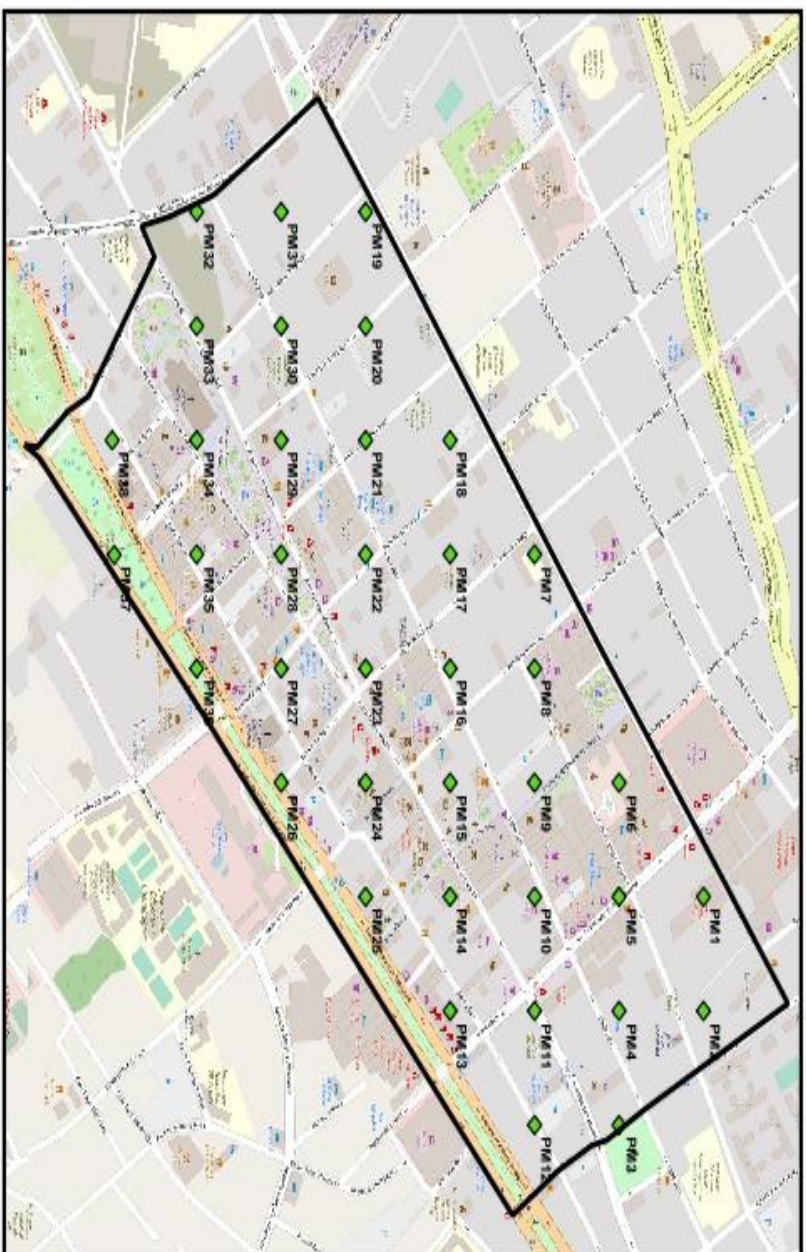
La subdivisión del área de estudio según las vías de tránsito facilitó un análisis detallado de los niveles de contaminación acústica y del aire en diferentes áreas de la ciudad. Al comparar los resultados obtenidos, fue posible obtener una comprensión más clara de las variaciones en estos tipos de contaminación.

En la figura 2 se muestra el mapa de ubicación del área de estudio, los 38 puntos de muestreo y la composición de las avenidas y calles principales. Con esta metodología, se logró una mejor organización de los datos recopilados y se obtuvo una perspectiva más precisa de las condiciones de contaminación en áreas específicas de la ciudad. Esto proporcionó una base sólida para el análisis y la toma de decisiones relacionadas con la gestión y mitigación de la contaminación acústica y del aire en el entorno urbano.

Tabla 4*División del área de estudio*

Vía de tránsito	Puntos de monitoreo
Av. Francisco Bolognesi	PM 25, PM26, PM 36 y PM 37
Av. Patricio Meléndez	PM 5
Av. San Martín	PM 3, PM11, PM 14, PM15, PM 23 y PM 28
Av. 2 de Mayo	PM 1 y PM 18
Calle Modesto Basadre	PM 2 y PM 6
Calle Zela	PM 4, PM 9, PM 10, PM 16 y PM30
Calle Cusco	PM 31 y PM 32
Calle Blondell	PM 33
Calle Callao	PM 34
Calle Francisco Lazo	PM 19
Calle Coronel Inclán	PM20 y PM 29
Calle Hipólito Unanue	PM 21
Calle Deústua	PM 7 y PM 17
Calle Arias Araguez	PM 8
Calle Bolívar	PM12, PM 13, PM 35 y PM 38
Calle Ayacucho	PM 27
Calle 28 de Julio	PM 22
Pasaje Libertad	PM 24

Figura 2
Ubicación del área de monitoreo de niveles de ruido y monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna



4.3.1.2 Monitoreo de niveles de presión sonora

El monitoreo del nivel de presión sonora de los puntos designados se llevó a cabo siguiendo el protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental aprobado mediante el D.S. N° 227-2013-MINAM. Según este protocolo, se establece que la altura del micrófono utilizado debe ser de al menos 1,5 m y no más de 4 m. Además, el tiempo de medición sonora variará dependiendo de la estabilidad de los niveles: se realizarán mediciones de entre 5 y 15 minutos si los niveles fluctúan de manera mínima (menos de 3 dB), y se extenderán hasta 30 minutos en caso de fluctuaciones más significativas (más de 3 dB).

Para llevar a cabo el monitoreo de los niveles de presión sonora se empleó un sonómetro integrador-promediador. Este dispositivo proporcionó los valores del nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{eq}) para dicho periodo, así como los valores máximos y mínimos registrados durante el monitoreo.

4.3.1.3 Días y horarios de monitoreo

Los niveles de ruido, al igual que los estándares de calidad ambiental, varían según la hora del muestreo, ya sea durante el día o la

noche, en días laborables o fines de semana. Por esta razón, los monitoreos se llevarán a cabo considerando estas diferentes situaciones.

Además, para garantizar la seguridad y la representatividad del estudio, se decidió realizar las mediciones en dos intervalos horarios considerados como horas punta tanto en el horario diurno como en el nocturno, según lo establecido por el D.S. N° 085-2003-PCM.

Estas mediciones se llevaron a cabo durante un periodo de dos semanas, en horarios diurnos de 7:00 a 11:00 h y horarios nocturnos de 20:00 a 2:00 h, respectivamente.

4.3.1.4 Monitoreo del monóxido de carbono

Se utilizó un gasómetro portátil marca AEROQUAL para llevar a cabo la medición de monóxido de carbono (CO). Esta medición se realizó en intervalos de 2 a 5 minutos, teniendo en cuenta el tiempo necesario para garantizar que los valores no experimenten variaciones significativas. Se efectuaron tres mediciones consecutivas y se consideró el promedio de los tres valores como resultado final.

4.3.2 Instrumentos de recolección

Los instrumentos que se utilizarán para la recolección de la información son:

- Ley N° 30220: Ley de seguridad y salud en el trabajo.
- D.S. N° 085-2003-PCM.

4.4 Materiales y/o instrumentos

4.4.1 Materiales

- Una docena de lapiceros azules Pilot.
- Un tablero de madera.
- Dos millares de hojas bond A4.
- Mascarillas N95.
- Alcohol en gel.

4.4.2 Equipos

- Un sonómetro UNI – T UT 353
- Un celular REALME 7 pro.
- Un laptop ACER Core i5.
- Una impresora EPSON L375.
- Un gasómetro Aeroqual S300

4.5 Procedimiento y análisis de objetivos

4.5.1 Medición y determinación de los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono

Los puntos de monitoreo se determinaron mediante el uso de cuadrículas de 100 m x 100 m y de 200 m x 200 m superpuestas en el mapa catastral de la ciudad de Tacna, precisamente en las principales calles y avenidas.

Las mediciones fueron realizadas en horarios diurnas y nocturnas, días laborables y fines de semana con un sonómetro promediador y un trípode respetando los estándares de calidad ambiental diurnos y nocturnos según el D.S. N° 085-2003-PCM.

La medición de monóxido de carbono, se realizó con un gasómetro de manera simultánea a la medición de ruido, durante un tiempo aproximado de 2 a 5 minutos, o hasta que los valores dejaron de fluctuar.

4.5.1.1 Mapas de ruido y de concentración de monóxido de carbono

Los procesos realizados para la elaboración de mapas de ruido fueron los siguientes:

- Se generó un mapa en QGIS, se identificaron los puntos de monitoreo de manera aleatoria creando puntos en intersecciones de grillas cada 100 y 200 m. Teniendo en cuenta que, si los puntos terminaban en una casa o propiedad privada, se realizará la medición en el punto más cercano.

- Las mediciones fueron realizadas con el sonómetro UT 353 y el gasómetro AEROQUAL S 300, llevando a cabo de manera simultánea la lectura de datos cada 3 minutos con 3 repeticiones apuntando en anotaciones valores anómalos o hipótesis sobre el incremento considerable de valores.

- Los datos o información recopilados se ingresaron al software Excel. El promedio de datos de los niveles de ruido se dividió entre 10 el valor “dBA/10”, luego se aplicó el antilogaritmo de dicho valor “potencia (10; dBA)”. Se sumaron los antilogaritmos, se determinó el promedio y se volvió a convertir a un valor logarítmico “10*log (dBA)”. Los valores de CO fueron realizados mediante un promedio simple.

- Creando un mapa en QGIS, se determinó el mapa base y se introdujeron los puntos creados al inicio. Luego, abrir la tabla de atributos, activando la opción “conmutar edición” y colocar cuatro filas nuevas con los datos de las mediciones diurnas y nocturnas del ruido y CO respectivamente.

- Se abrió la herramienta “interpolación” con la opción “interpolación IDW” y se seleccionó los datos que se desearon medir, formando un formato ráster de valores seleccionados.

- Obtenido el ráster se seleccionó la opción “ráster/extracción/cortar ráster por capa de máscara”, esto permitió tener un archivo ráster de las mismas dimensiones que el área estudiada.

- Luego, se seleccionó la herramienta “análisis ráster/reclasificar por tabla” y colocar los datos deseados y generar los mapas de ruido y concentración de CO.

Para análisis del ruido fue:

- 0 – 45 dBA
- 45 – 50 dBA
- 50 – 55 dBA*
- 55 – 60 dBA**
- 60 – + dBA

*En los monitoreos nocturnos, después de ese valor, la siguiente clasificación es “55 – 80 dBA”.

*Los monitoreos diurnos, después de ese valor, la siguiente clasificación es “60 – 80 dBA”.

Para análisis de CO fue:

- 0 – 1 ppm CO
- 1 – 2 ppm CO
- 2 – 3 ppm CO
- 3 – 4 ppm CO
- 4 – 5 ppm CO
- 5 – 6 ppm CO
- 6 – 7 ppm CO
- 7 – 8 ppm CO
- 8 – 9 ppm CO
- 9 – 10 ppm CO
- 10 – 20 ppm CO

- Seguidamente, se abrió propiedades y se dió color con “simbología/pseudocolor monobanda/mín: 1 máx 11/modo: intervalo igual/clase 8”.

- Finalmente se obtuvo el plano con los datos necesarios.

En las tablas 5, 6 y 7 podemos observar las leyendas de los mapas de ruido y concentración de monóxido de carbono. La tabla 5 muestra valores desde cero hasta los 60 dBA, esto porque, en una zona residencial, ese es el ECA para ruido en el horario diurno, por lo tanto, todo valor

superior a 60 dBA es coloreado con marrón y muestra contaminación acústica.

La tabla 6 muestra valores desde cero hasta los 50 dBA esto porque, en una zona residencial, ese es el ECA para ruido en el horario nocturno, por lo tanto, todo valor superior a 50 dBA es coloreado con marrón y muestra contaminación acústica.

La tabla 7, en cambio, es la leyenda de los mapas de concentración de monóxido de carbono, muestra valores desde cero hasta las 10 ppm, esto porque ese es el ECA para aire, por lo tanto, todo valor superior a 10 ppm es coloreado con marrón al mostrar contaminación en el aire.

Tabla 5

Leyenda de mapas de ruido en el horario diurno






Color	dBA
	00 - 45
	45 - 50
	50 - 55
	55 - 60
	60 - +

Tabla 6

Leyenda de mapas de ruido en el horario nocturno
















Color	dBA
	00 – 40
	40 – 45
	45 - 50
	50 - +

Tabla 7

Leyenda de mapas de concentración de CO

Color	ppm
	0 – 1
	1 – 2
	2 – 3
	3 – 4
	4 – 5
	5 – 6
	6 – 7
	7 – 8
	8 – 9
	9 – 10
	10 – +

Para el análisis de los datos obtenidos se aplicó una prueba de T Student para muestras relacionadas comparando el nivel de ruido y

concentración de monóxido de carbono por vía de tránsito y área de estudio total.

4.5.1.2 Correlación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono

De los resultados recopilados por punto de monitoreo, se calculó la desviación estándar para determinar la dispersión o variabilidad del conjunto de datos por zona y horario de monitoreo. Para hallar la relación entre las variables se aplicó un análisis de correlación de Pearson y covarianzas para comprender la relación lineal entre ellas y evaluar la dirección y la fuerza de esa relación, de acuerdo al nivel de correlación establecido (tabla 8).

Tabla 8

Nivel de correlación de Pearson

Rango de valores de r_{xy}	Interpretación
$0,00 < r_{xy} < 0,10$	Correlación nula
$0,10 < r_{xy} < 0,30$	Correlación débil
$0,30 < r_{xy} < 0,50$	Correlación moderada
$0,50 < r_{xy} < 1,00$	Correlación fuerte

Nota. Siendo r_{xy} el coeficiente de correlación de Pearson, se plantea el valor absoluto del coeficiente, de tal manera que la magnitud sea independiente del signo. Extraído de Hernández et al. (2019).

4.5.3 Elaboración de mapas de ruido y de monóxido de carbono para realizar propuestas de mitigación

Se identificaron los cinco puntos con niveles de contaminación más altos para analizarlos y determinar las posibles razones de estos valores. La propuesta para mitigar la contaminación acústica en los puntos críticos encontrados en la recopilación de datos, dependió de la localización geográfica, momentos del día de mayor intensidad de ruido y zonificación.

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1 Resultados

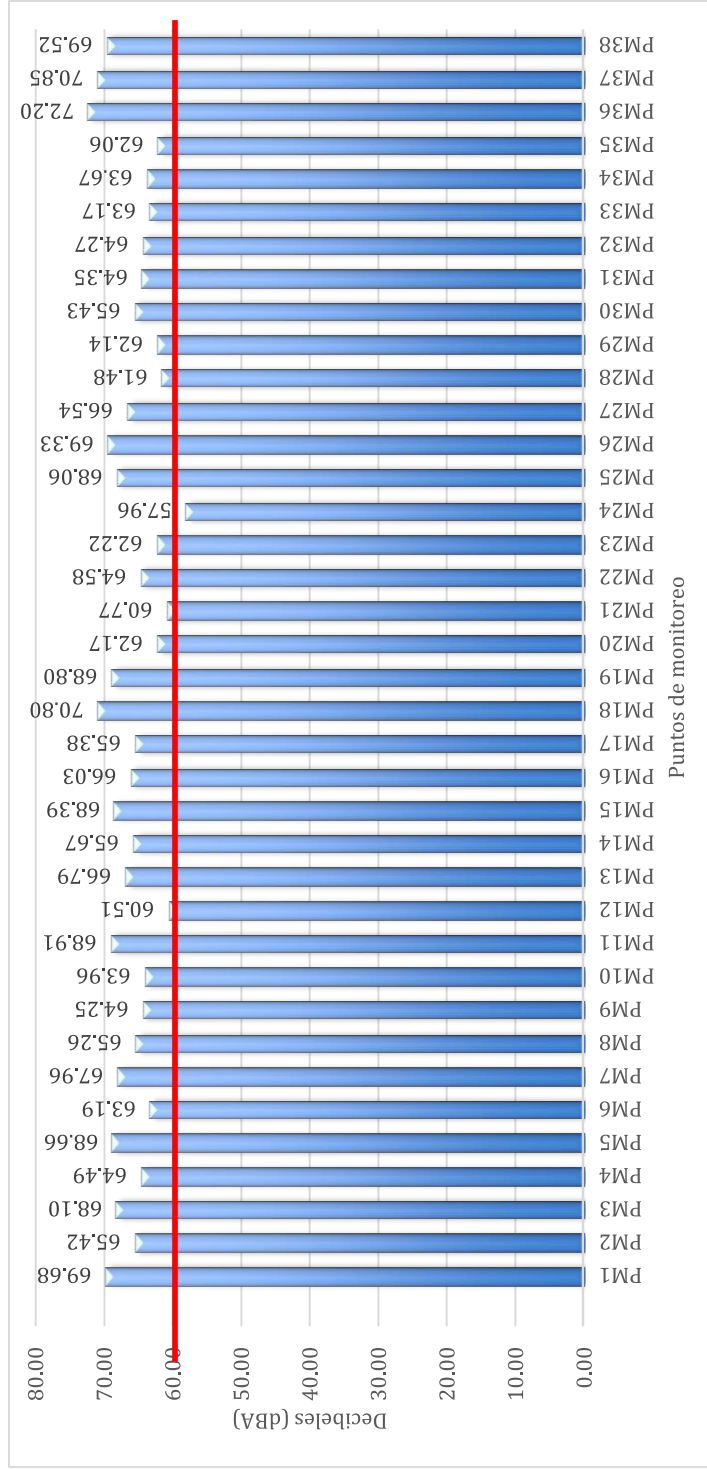
5.1.1 Medición de los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

El monitoreo se llevó a cabo desde el 03 al 16 de abril del 2023, los datos obtenidos de la medición del nivel del ruido en el horario diurno y nocturno se observan en la tabla 18, 19, 20 y 21 (anexo 1).

En las figuras 3 y 4, los niveles promediados de presión sonora en cada punto de monitoreo indican la presencia de contaminación acústica en la zona residencial, ya que superan los límites establecidos por la norma vigente (ECA) siendo el límite para el horario diurno de 60 dBA y horario nocturno de 50 dBA, alcanzando hasta valores de ruido de 72,2 dBA y 67,69 dBA en los puntos PM 36 y PM 23, del horario diurno y nocturno respectivamente. Sin embargo, se encontraron algunas excepciones en los resultados; en el horario diurno, el punto PM 24 presentó un valor promedio de 57,96 dBA; mientras que, en el horario nocturno, el punto PM 19 registró un valor promedio de 49,92 dBA.

Figura 3

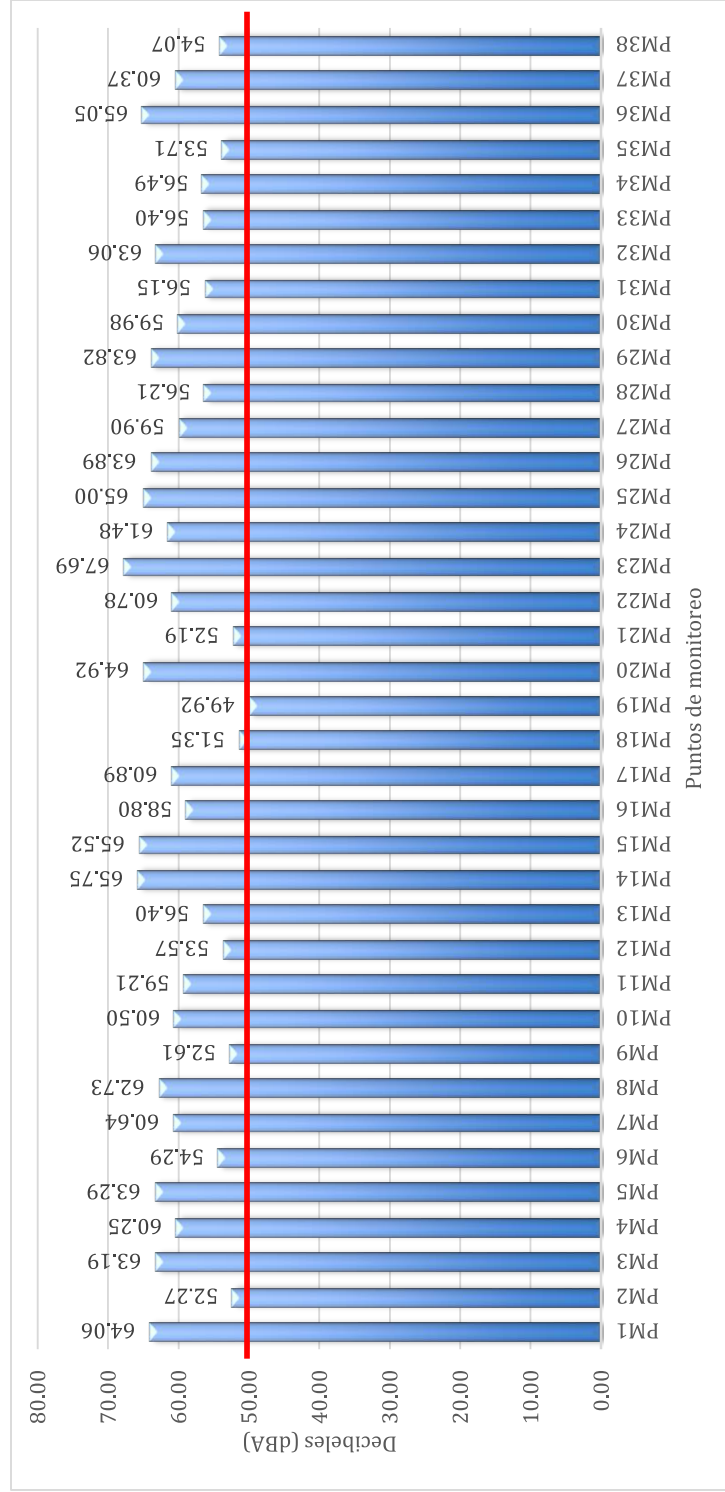
Nivel de ruido promedio en el horario diurno en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna



Nota. Línea roja indica el nivel del límite del ECA para el horario diurno (60 dBA).

Figura 4

Nivel de ruido promedio en el horario nocturno en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna



Nota. Línea roja indica el nivel del límite del ECA el para horario nocturno (50 dB(A)).

La tabla 9 presenta un análisis detallado de los niveles promedio de ruido en función de las vías de tránsito y el horario de monitoreo. Los resultados revelan diferencias significativas entre los niveles promedio de ruido durante el día y la noche en varias calles y avenidas principales de la zona de estudio, como la Av. Francisco Bolognesi, Av. San Martín, Av. 2 de Mayo, calle Modesto Basadre, calle Cusco, calle Blondell, calle Callao, calle Francisco Lazo, calle Deústua y calle Bolívar. En todos los casos en los que se encontró una diferencia significativa, se observó que los niveles de ruido durante el horario diurno eran más altos en comparación con los niveles durante el horario nocturno.

Al analizar los datos específicos de las avenidas y calles principales, se destaca que la Av. Francisco Bolognesi registra el mayor nivel promedio de ruido diurno con 69,14 dBA, seguida de la calle Francisco Lazo con 68,06 dBA. Estos resultados indican que estas vías experimentan altos niveles de ruido durante el día, lo cual puede tener un impacto negativo en la calidad de vida de los residentes y en su bienestar general. En cuanto al horario nocturno, la Av. Patricio Meléndez muestra el mayor promedio de ruido con 61,95 dBA, seguida nuevamente por la Av. Francisco Bolognesi con 61,57 dBA. Estos hallazgos sugieren que incluso durante la noche, estas vías principales continúan experimentando niveles significativos de

ruido, lo cual puede afectar el descanso y la calidad del sueño de las personas que viven en estas áreas. Es importante destacar que estos valores de ruido superan los límites recomendados por las normativas de calidad acústica en áreas residenciales siendo las avenidas las vías de tránsito con mayores niveles de ruido en promedio.

Tabla 9

Análisis de T Student del nivel de ruido por vía de tránsito y horario de monitoreo

Vía de tránsito	Promedio diurno (dBA)	Promedio nocturno (dBA)	T Student para muestras relacionadas		
			t	gl	Sig.
Av. Francisco Bolognesi	69,14	61,57	7,89	27	0,00 *
Av. Patricio Meléndez	64,81	61,95	1,29	6	0,24
Av. San Martín	63,45	60,63	2,55	41	0,01 *
Av. 2 de Mayo	66,75	54,94	5,83	13	0,00 *
Calle Modesto Basadre	60,3	50,53	5,89	13	0,00 *
Calle Zela	58,98	54,82	1,53	34	0,13
Calle Cusco	61,76	56,23	2,50	13	0,02 *
Calle Blondell	61,80	53,12	4,61	6	0,00 *
Calle Callao	62,65	53,96	4,22	6	0,00 *
Calle Francisco Lazo	68,06	47,86	8,95	6	0,00 *
Calle Coronel Inclán	61,50	60,98	0,22	13	0,82
Calle Hipólito Unanue	57,22	50,38	1,66	6	0,14
Calle Deústua	65,04	58,11	4,67	13	0,00 *
Calle Arias Araguez	61,57	60,98	0,27	6	0,79
Calle Bolívar	62,10	52,95	5,93	27	0,00 *
Calle Ayacucho	61,59	57,03	1,29	6	0,24
Calle 28 de Julio	63,44	59,97	1,86	6	0,11
Pasaje Libertad	55,77	60,75	-2,26	6	0,06

Nota. () Existe diferencia significativa siendo $p < 0,05$.*

En cuanto al componente del aire, se realizaron mediciones de monóxido de carbono en horarios diurnos y nocturnos cuyos datos se presentan en las tablas 22, 23, 24 y 25 (anexo 1). En las figuras 5 y 6 se observa que los niveles promediados de monóxido de carbono en cada punto de monitoreo indican que no existe contaminación del aire por este contaminante en la zona residencial, ya que los valores se mantienen por debajo del límite establecidos por la norma vigente (ECA), correspondiente a los 10 ppm.

Los valores más alto encontrados fueron de 7,22 ppm en el punto PM 30, en el horario diurno y 3,62 ppm en el punto PM 01, en el horario nocturno. Aunque estos valores están por debajo del límite establecido, es importante monitorear y controlar las fuentes de emisión en esos puntos para prevenir posibles incrementos en la contaminación del aire.

Por otro lado, se identificaron los puntos PM 11 y PM 9 como los de menor concentración de monóxido de carbono. Estos puntos mostraron valores promedio de 0,01 ppm y 0,36 ppm durante los horarios diurno y nocturno, respectivamente. Estos resultados indican que estos puntos en particular presentan una buena calidad del aire en términos de monóxido de carbono.

Figura 5
Concentración de monóxido de carbono (CO) promedio en el horario diurno en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

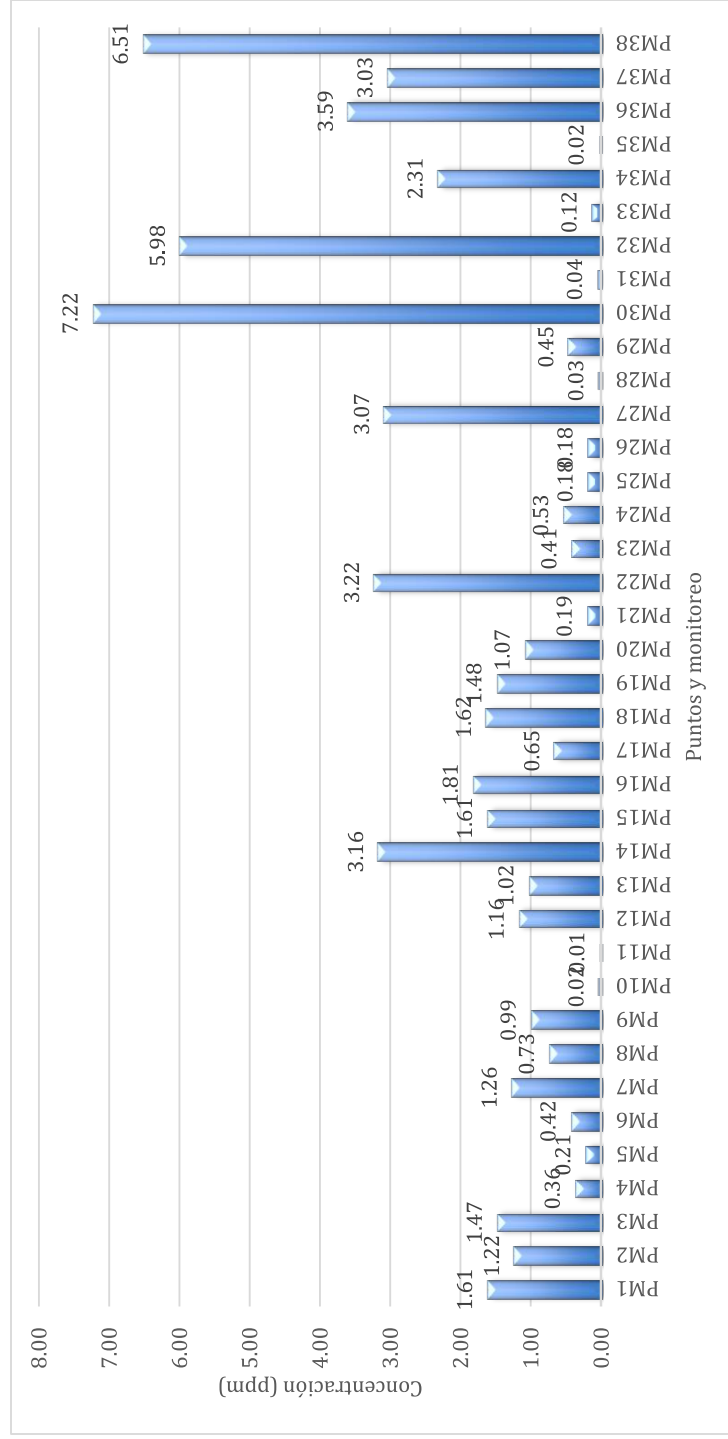
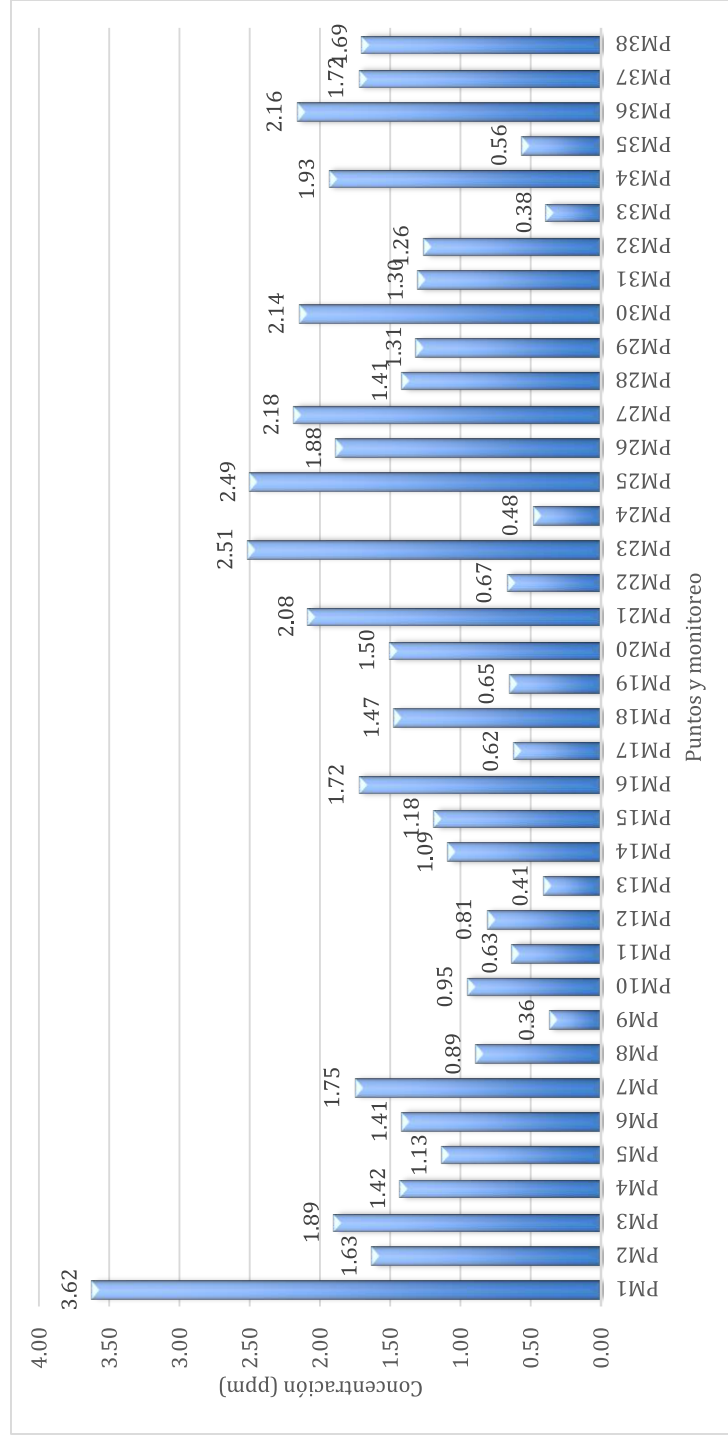


Figura 6

Concentración de monóxido de carbono (CO) promedio en el horario nocturno en las principales calles y avenidas de la Ciudad de Tacna



La tabla 10 presenta un análisis detallado de los niveles promedio de la concentración de monóxido de carbono en relación con las vías de tránsito y el horario de monitoreo. Los resultados revelan diferencias significativas entre los niveles promedio de la concentración de monóxido de carbono durante el día y la noche en varias calles y avenidas principales de la zona de estudio, como la Av. Patricio Meléndez, calle Modesto Basadre, calle Blondell, calle Hipólito Unanue, calle Bolívar y calle 28 de Julio. En la mayoría de los casos en los que se encontró una diferencia significativa, se observó que los niveles de concentración de monóxido de carbono durante el horario nocturno eran más altos en comparación con los del horario diurno. Sin embargo, se debe tener en cuenta que hubo una excepción a esta tendencia en la calle Bolívar y la calle 28 de Julio, donde el monóxido de carbono fue más alto durante el horario diurno.

Al analizar los datos específicos de las avenidas y calles principales, se destaca que la calle 28 de Julio registró el mayor nivel promedio de concentración de monóxido de carbono durante el día con 3,21 ppm, seguida de la calle Ayacucho con 3,07 ppm. En cuanto al horario nocturno, la Av. 2 de Mayo muestra el mayor promedio de concentración de monóxido de carbono con 2,54 ppm, seguida nuevamente por la calle Ayacucho con 2,18 ppm. Es importante destacar que, aunque estos valores no superan

los límites de la normativa de calidad del aire, estos hallazgos sugieren que estas vías principales poseen niveles potenciales de que pueden llegar a una futura contaminación, lo cual puede afectar la salud a largo plazo y la calidad de vida de las personas del área. De tal manera, es fundamental continuar monitoreando y siguiendo la evolución de este contaminante.

Tabla 10

Análisis de T Student de la concentración de monóxido de carbono por vía de tránsito y horario de monitoreo

Vía de tránsito	Promedio diurno (ppm)	Promedio nocturno (ppm)	T Student para muestras relacionadas		
			t	gl	Sig.
Av. Francisco Bolognesi	1,74	2,06	-0,74	27	0,46
Av. Patricio Meléndez	0,21	1,12	-3,76	6	0,00 *
Av. San Martín	1,11	1,45	-1,13	41	0,26
Av. 2 de Mayo	1,61	2,54	-2,02	13	0,06
Calle Modesto Basadre	0,8	1,51	-2,87	13	0,01 *
Calle Zela	2,08	1,31	1,58	34	0,12
Calle Cusco	3,01	1,27	1,74	13	0,10
Calle Blondell	0,12	0,38	-2,45	6	0,04 *
Calle Callao	2,31	1,92	0,64	6	0,54
Calle Francisco Lazo	1,47	0,64	1,70	6	0,13
Calle Coronel Inclán	0,76	1,40	-2,15	13	0,05
Calle Hipólito Unanue	0,19	2,07	-5,84	6	0,00 *
Calle Deústua	0,95	1,18	-0,66	13	0,52
Calle Arias Araguez	0,72	0,88	-0,44	6	0,67
Calle Bolívar	2,17	0,86	2,67	27	0,01 *
Calle Ayacucho	3,07	2,18	2,23	6	0,06
Calle 28 de Julio	3,21	0,66	4,35	6	0,00 *
Pasaje Libertad	0,52	0,48	0,24	6	0,81

Nota. (*) Existe diferencia significativa siendo $p < 0,05$.

En la tabla 11 se puede visualizar los resultados del nivel de ruido y la concentración de monóxido de carbono del área total monitoreada, compuesta por los 38 puntos, según el horario. Se encontró que el área total de estudio presentó un promedio de nivel de ruido de 66,77 dBA en el horario diurno, y este resultado fue mayor y significativamente diferente al promedio del horario nocturno con 61,51 dBA. En cambio, en cuanto a la concentración de monóxido de carbono no hubo diferencia significativa en relación al horario; el horario diurno presentó un promedio de 1,55 ppm, mientras que el horario nocturno un promedio de 1,40 ppm.

Adicionalmente, se encontró que, en promedio, existen mayores niveles de monóxido de carbono en las calles.

Tabla 11

Prueba de T Student para el nivel de ruido y concentración de monóxido de carbono del área total monitoreada (38 puntos) según horario

Parámetro	Promedio diurno	Promedio nocturno	t	gl	Sig.
Ruido	66,77	61,51	7,10	37	0,00 *
Monóxido de carbono	1,55	1,40	0,52	37	0,61

Nota. (*) Existe diferencia significativa siendo $p < 0,05$.

En la tabla 12 y 13 se presentan los resultados de la desviación estándar, correlación de Pearson y covarianza de los datos de nivel de ruido y concentración de monóxido de carbono durante el horario diurno y

horario nocturno, clasificados por vía de tránsito. Se destaca de estos resultados que la desviación estándar de los niveles de ruido por zona fue mayor en comparación con la desviación estándar de la concentración de monóxido de carbono. Esto sugiere que los datos de monóxido de carbono por zona están relativamente cercanos a la media y presentan una baja variabilidad entre los valores. Por otro lado, en los datos del nivel de ruido por punto de monitoreo indicaría que son más dispersos reflejando una moderada variación en los niveles registrados por punto de monitoreo.

Los resultados del análisis de correlación y covarianza en el horario diurno, presentados en la tabla 12, revelaron la existencia de correlaciones significativas entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en ciertas vías de tránsito de la zona de estudio.

Se encontró una correlación débil (valor entre 0,1 a 0,3) en la av. Francisco Bolognesi, Av. San Martín, calle Zela, calle Cusco, calle Francisco Lazo y calle 28 de Julio. Estas vías muestran una relación relativamente baja ambas variables, lo que sugiere que la dependencia entre es limitada en estas áreas. Por otro lado, se encontró una correlación moderada (valor entre 0,3 a 0,5) en la calle Blondell, calle Coronel Inclán, calle Hipólito Unanue, calle Arias Aragüés y calle Bolívar. Esto indica que

existe una relación más fuerte de las variables en estas vías. Finalmente, se encontró una correlación fuerte (valor entre 0,5 a 1) en la Av. 2 de Mayo, calle Callao y Calle Ayacucho. Esto indica que existe una relación significativa y fuerte entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en estas vías.

Es importante destacar que estas correlaciones varían entre las diferentes vías de tránsito y también difieren en cuanto al signo, es decir, si es positiva o negativa. Esto significa que las variables evaluadas están relacionadas, pero de manera independiente a las características de la zona. Además, es necesario considerar las particularidades de las actividades, el comercio y el tránsito que se generan en cada vía para comprender las diferentes correlaciones observadas.

Tabla 12

Análisis de la desviación estándar, correlación de Pearson y covarianza de los datos de ruido y monóxido de carbono en el horario diurno por vía de tránsito

Vía de tránsito	Ruido		Monóxido de carbono		Correl. de Pearson	Covar.
	Media (dBA)	Desv. estándar	Media (ppm)	Desv. estándar		
Av. Francisco Bolognesi	69,14	3,68	1,74	2,06	0,30 *	0,11
Av. Patricio Meléndez	64,81	7,65	0,21	0,21	-0,03	-1,95
Av. San Martín	63,45	6,06	1,11	1,37	0,17 *	1,29
Av. 2 de Mayo	66,75	6,80	1,61	1,28	-0,67 *	-2,14
Calle Modesto Basadre	60,3	6,27	0,8	0,63	-0,06	-1,85
Calle Zela	58,98	15,68	2,08	3,10	0,22 *	1,21
Calle Cusco	61,76	7,15	3,01	3,59	0,17 *	1,58
Calle Blondell	61,80	4,16	0,12	0,32	0,46 *	1,30
Calle Callao	62,65	3,61	2,31	1,90	0,86 *	2,14
Calle Francisco Lazo	68,06	3,15	1,47	1,05	0,18 *	1,71
Calle Coronel Inclán	61,50	2,47	0,76	0,88	-0,41 *	1,14
Calle Hipólito Unanue	57,22	7,62	0,19	0,20	-0,36 *	-0,44
Calle Deústua	65,04	4,24	0,95	1,13	-0,08	-0,79
Calle Arias Araguez	61,57	8,72	0,72	0,78	0,49 *	1,26
Calle Bolívar	62,10	6,66	2,17	3,05	0,45 *	1,02
Calle Ayacucho	61,59	6,94	3,07	1,21	0,81 *	2,03
Calle 28 de Julio	63,44	4,02	3,21	1,66	-0,17 *	-0,72
Pasaje Libertad	55,77	4,81	0,52	0,50	0,03	0,95

Nota. () La correlación es significativa*

Los resultados del análisis de correlación y covarianza en el horario nocturno, presentados en la tabla 13, revelaron la existencia de correlaciones significativas entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en ciertas vías de tránsito de la zona de estudio.

Se encontró una correlación débil (valor entre 0,1 a 0,3) en la av. 2 de Mayo, calle Zela, calle Cusco, calle Blondell, calle Coronel Inclán, calle Hipólito Unanue, calle Deústua y en el pasaje Libertad. Estas vías muestran una relación relativamente en el turno nocturno, lo que sugiere que la dependencia entre ambas variables es limitada en estas áreas. Por otro lado, se encontró una correlación moderada (valor entre 0,3 a 0,5) en la Av. Francisco Bolognesi y calle Francisco Lazo. Esto indica que existe una relación más fuerte entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en estas vías. Finalmente, se encontró una correlación fuerte (valor entre 0,5 a 1) en la Av. Patricio Meléndez, calle Callao, calle Arias Araguez, calle Ayacucho y calle 28 de Julio. Esto indica que existe una relación significativa y fuerte entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en estas vías, principalmente en este horario nocturno.

Tabla 13

Análisis de la desviación estándar, correlación de Pearson y covarianza de los datos de ruido y monóxido de carbono en el horario nocturno por vía de tránsito

Vía de tránsito	Ruido		Monóxido de carbono		Correl. de Pearson	Covar.
	Media (dBA)	Desv. estándar	Media (ppm)	Desv. estándar		
Av. Francisco Bolognesi	61,57	5,35	2,06	0,58	0,39 *	0,45
Av. Patricio Meléndez	61,95	3,41	1,12	0,62	-0,71 *	-1,76
Av. San Martín	60,63	5,71	1,45	1,38	-0,04	-0,72
Av. 2 de Mayo	54,94	7,84	2,54	1,25	0,22 *	1,45
Calle Modesto Basadre	50,53	5,88	1,51	0,77	-0,09	-0,76
Calle Zela	54,82	6,68	1,31	0,86	0,14 *	0,41
Calle Cusco	56,23	7,22	1,27	0,54	-0,12 *	-0,68
Calle Blondell	53,12	6,26	0,38	0,50	0,30 *	0,51
Calle Callao	53,96	5,27	1,92	0,41	0,76 *	1,47
Calle Francisco Lazo	47,86	4,90	0,64	0,68	0,35 *	0,43
Calle Coronel Inclán	60,98	7,02	1,40	1,29	-0,25 *	0,39
Calle Hipólito Unanue	50,38	3,90	2,07	1,01	0,29 *	0,53
Calle Deústua	58,11	5,44	1,18	0,92	0,13 *	0,67
Calle Arias Araguez	60,98	5,15	0,88	0,50	0,61 *	0,13
Calle Bolívar	52,95	4,30	0,86	0,86	0,03	0,86
Calle Ayacucho	57,03	5,97	2,18	1,10	0,86 *	2,01
Calle 28 de Julio	59,97	2,73	0,66	0,57	-0,56 *	1,18
Pasaje Libertad	60,75	2,83	0,48	0,56	-0,25 *	-0,58

Nota. () La correlación es significativa.*

En la tabla 14, se presentan los coeficientes de correlación de Pearson que evalúan la relación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en el área total de estudio, considerando los horarios de monitoreo. Al examinar los resultados, se puede observar que existe una correlación débil durante el horario diurno; sin embargo, durante el horario nocturno se encontró una correlación moderada. Ambas correlaciones son positivas, lo que indica que existe la relación de encontrar mayores concentraciones promedio de monóxido de carbono cuando hay mayores niveles promedio de ruido. Esto sugiere que el ruido puede desempeñar un papel significativo en los niveles de concentración de monóxido de carbono, aunque exista la excepción de algunos casos, como se vio en el análisis por vía de tránsito.

Tabla 14

Correlación de Pearson y covarianza de los niveles de ruido y monóxido de carbono del área total monitoreada (38 puntos) según horario

Horario	Ruido		Monóxido de carbono		Correl. de Pearson	Covar.
	Media (dBA)	Desv. estándar	Media (ppm)	Desv. estándar		
Diurno	66,77	3,32	1,55	1,81	0,29 *	1,76
Nocturno	61,51	4,76	1,40	0,71	0,34 *	1,16

Nota. (*) La correlación es significativa.

5.1.2 Elaboración de mapas de ruido y de monóxido de carbono para proponer medidas de mitigación en los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

En la tabla 18 se presentan los cinco puntos de monitoreo con los valores promedio más altos de ruido y concentración de monóxido de carbono durante el horario diurno. Es importante destacar que los puntos de monitoreo PM 36 y PM 38 se repiten en ambos parámetros, lo que indica que son puntos críticos de contaminación que requieren especial atención y medidas de mitigación.

Es interesante observar que tres de estos puntos críticos se encuentran en la Alameda Bolognesi (PM 36, PM 37 y PM 38), que corresponde a la zona 3. Esta zona es considerada la avenida principal de la ciudad y donde transitan las principales líneas de transporte urbano.

Además de la zona 3, se identificó un punto crítico en la zona 1 (PM 1), ubicado en la Av. Patricio Meléndez, y cuatro puntos críticos en la zona 2 (PM 18, PM 22, PM 30 y PM 32), correspondientes a la calle Hipólito Unanue y al tramo final de la calle Zela.

Tabla 15

Valores promedio más altos del monitoreo diurno de ruido y CO en las calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Ruido (dBA)			CO (ppm)		
Punto	Vía de tránsito	Valor	Punto	Vía de tránsito	Valor
PM36	Av. Bolognesi	72,20	PM30	Calle Zela	7,22
PM37	Av. Bolognesi	70,85	PM38	Calle bolívar	6,51
PM18	Av. 2 de mayo	71	PM32	Calle Cusco	5,98
PM1	Av. 2 de mayo	70	PM36	Av. Bolognesi	3,59
PM38	Calle bolívar	69,52	PM22	Calle 28 de Julio	3,22

En la tabla 16 se presentan los cinco puntos de monitoreo con los valores promedio más altos de ruido y concentración de monóxido de carbono durante el horario nocturno. Es importante destacar que los puntos de monitoreo PM 23, PM 25 y PM 36 se repiten en diferentes posiciones, lo que indica su importancia como puntos críticos de contaminación nocturna.

Dos de estos puntos críticos se encuentran en la Alameda Bolognesi (PM 25 y PM 36), correspondientes a la zona 3 siendo considerada un área con notable actividad nocturna. Mientras que, el punto PM 23, correspondiente a la zona 2, está ubicado en la Av. San Martín, donde existen varios locales nocturnos que son frecuentados especialmente de miércoles a domingo. Esta concentración de actividades nocturnas puede

contribuir al incremento de los niveles de ruido y monóxido de carbono en el área.

Adicionalmente de esos puntos, se identificaron tres puntos críticos en la zona 1 (PM 1, PM 14 y PM 15), correspondientes a un tramo de la Av. San Martín y la Av. Patricio Meléndez. Y un punto crítico adicional en la zona 2 (PM27) correspondiente a la calle Ayacucho.

Tabla 16

Valores promedio más altos del monitoreo nocturno de ruido y aire en las calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Ruido (dBA)			CO (ppm)		
Punto	Vía de tránsito	Valor	Punto	Vía de tránsito	Valor
PM23	Av San Martín	67,69	PM1	Av. 2 de mayo	3,62
PM14	Av San Martín	65,75	PM23	Av. San Martín	2,51
PM15	Av San Martín	65,52	PM25	Av. Bolognesi	2,49
PM36	Av. Bolognesi	65,05	PM27	Calle Ayacucho	2,18
PM25	Av. Bolognesi	65,00	PM36	Av. Bolognesi	2,16

Con base en los datos recopilados, se generaron mapas de ruido y de concentración de monóxido de carbono para visualizar y comprender mejor los diferentes niveles de contaminación en las calles y avenidas principales de la ciudad de Tacna, con el objetivo de proponer medidas de mitigación.

En la figura 07 se presenta de manera visual los niveles promedio de ruido durante el horario diurno en el área de estudio. Las áreas coloreadas en marrón representan lugares con presencia de contaminación acústica, ya que superan los valores de 60 dBA establecidos para zonas residenciales. Podemos observar que, en toda el área de estudio, excepto en el punto PM 38, se registra contaminación acústica.

En la figura 08, se muestra visualmente los niveles promedio de ruido durante el horario nocturno en el área de estudio. Las áreas coloreadas en marrón indican la presencia de contaminación acústica al superar los valores de 50 dBA establecidos para zonas residenciales. Se puede observar que en toda el área de estudio se presenta contaminación acústica, a excepción de 9 puntos de monitoreo. Sin embargo, estos puntos no se consideran libres de contaminación acústica, sino que proviene de la interpolación de los datos promedio obtenidos en el monitoreo por puntos.

Estos resultados visuales nos permiten identificar las áreas específicas en las cuales se requiere una atención especial para abordar y mitigar la contaminación acústica. A partir de esta información, se pueden implementar medidas y políticas orientadas a reducir los niveles de ruido en las zonas más afectadas.

Figura 7
Mapa de ruido promedio del horario diurno



Figura 8
Mapa de ruido promedio del horario nocturno



Tabla 17

Prueba T – Student de los puntos críticos de los mapas de ruido de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Prueba de muestras emparejadas						
Puntos de monitoreo de ruido	Diferencias emparejadas	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
		Horario diurno	Horario nocturno			
PM 1	PM1_D - PM1_N	70	66,08	2.995	6	0.024
PM 2	PM2_D - PM2_N	65	55,54	4.173	6	0.006
PM 3	PM3_D - PM3_N	68	64,17	6.449	6	0.001
PM 6	PM6_D - PM6_N	63	55,71	3.866	6	0.008
PM 7	PM7_D - PM7_N	68	57,77	3.971	6	0.007
PM 9	PM9_D - PM9_N	64	52,78	5.964	6	0.001
PM 10	PM10_D - PM10_N	64	53,22	2.552	6	0.043
PM 11	PM11_D - PM11_N	69	61,85	2.726	6	0.034
PM 12	PM12_D - PM12_N	61	54,33	3.569	6	0.012
PM 17	PM17_D - PM17_N	65	60,84	2.600	6	0.041
PM 18	PM18_D - PM18_N	71	52,43	7.602	6	0.000
PM 19	PM19_D - PM19_N	69	55,05	8.950	6	0.000
PM 25	PM25_D - PM25_N	68.06	54,40	2.707	6	0.035
PM 26	PM26_D - PM26_N	69.33	57,25	3.173	6	0.019
PM 28	PM28_D - PM28_N	61.48	47,92	2.859	6	0.029
PM 30	PM30_D - PM30_N	65.43	41,94	2.965	6	0.025
PM 33	PM33_D - PM33_N	63.17	48,32	4.612	6	0.004
PM 34	PM34_D - PM34_N	63.67	49,34	4.229	6	0.006
PM 35	PM35_D - PM35_N	62.06	52,48	2.538	6	0.044
PM 36	PM36_D - PM36_N	72.2	60,10	5.634	6	0.001
PM 37	PM37_D - PM37_N	70.85	44,73	7.489	6	0.000
PM 38	PM38_D - PM38_N	69.52	51,58	7.262	6	0.000

En la tabla 17 se presentan 22 puntos críticos identificados al analizar estadísticamente y comparar los datos con los mapas de ruido en el horario diurno y nocturno. Estos puntos requieren la implementación de medidas de mitigación para reducir la contaminación acústica en esas áreas específicas.

En la figura 09, se presenta visualmente los niveles promedio de concentración de monóxido de carbono (CO) dentro del área de estudio en el horario diurno. Las áreas coloreadas en marrón indican lugares con contaminación de monóxido de carbono al superar los valores de 10 ppm. Podemos observar que, a excepción de los puntos PM 30, PM 32 y PM 38 que muestran colores entre verde y amarillo, el resto del área de estudio presenta valores significativamente inferiores al límite máximo, representados con tonalidades de color azul.

En la figura 10, se muestra visualmente los niveles promedio de concentración de monóxido de carbono en el área de estudio durante el horario nocturno. Las áreas coloreadas en marrón representan lugares con contaminación de monóxido de carbono al superar los valores de 10 ppm. Podemos observar que el gráfico refleja valores muy por debajo de los límites de calidad del aire (ECA), ya que toda el área de estudio está coloreada en tonos azules y celestes. La zona con mayor presencia de este contaminante se encuentra de tonalidades azul turquesa en los puntos PM 1, PM 23, PM 25, PM 27 y PM 36. Los demás puntos de monitoreo solo muestran valores bajos en áreas específicas.

Figura 9
 Mapa de concentración de CO promedio del horario diurno

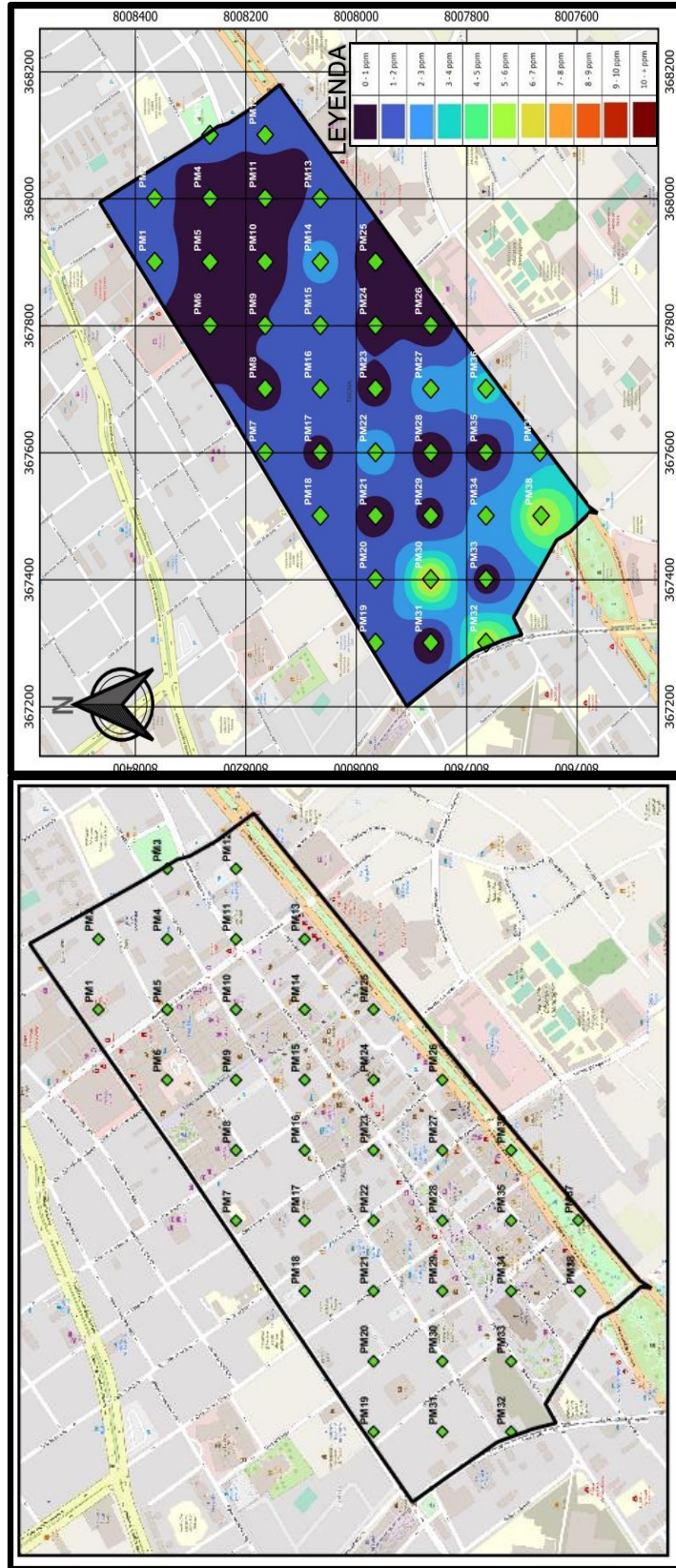
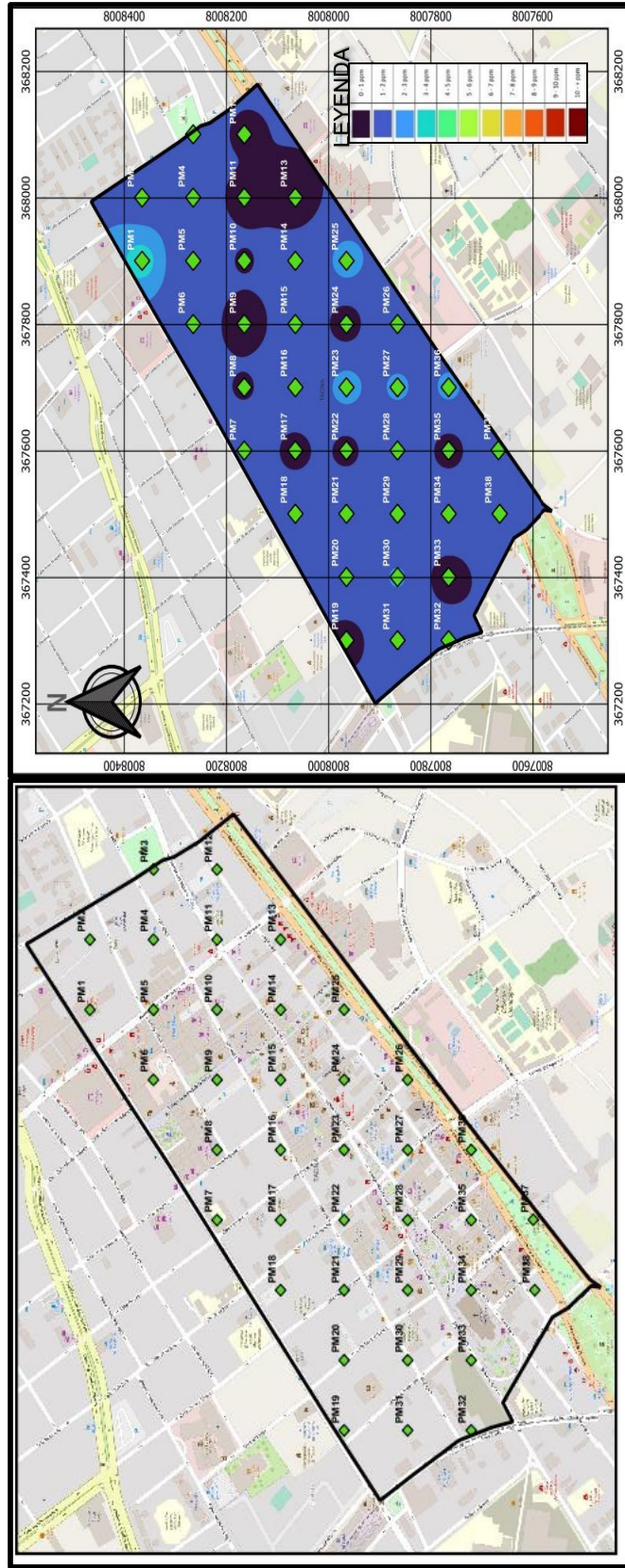


Figura 10
 Mapa de concentración de CO promedio del horario diurno



Tras identificar los puntos críticos de mayor importancia y relacionarlos en los mapas de ruido y de concentración de monóxido de carbono se puede proponer medidas de mitigación que aborden este problema de manera integral. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la reducción del ruido ambiental no es una tarea fácil ni se logra de manera inmediata, sino que requiere un enfoque en distintos periodos de tiempo y la participación de diversos actores. En la tabla 17 se puede observar las medidas a implementar que ayudarán con este objetivo en el corto, mediano y largo plazo.

Es importante destacar que estas medidas deben partir de una estrategia integral de gestión del ruido. Asimismo, se requiere de la colaboración y compromiso de los gobiernos, las autoridades locales, las empresas, los ciudadanos y otros actores relevantes para lograr resultados efectivos y sostenibles en la reducción del ruido ambiental y la mejora de la calidad de vida en la ciudad de Tacna.

Tabla 18

Cronograma de las medidas de mitigación para los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Tiempo	Propuestas de mitigación	Mes											
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
	- Implementar la presencia de agentes de tránsito para garantizar el uso responsable de las bocinas de los vehículos.				X								
Corto plazo	- Implementar niveles de velocidad adecuados.		X										
	- Implementar barreras acústicas en los puntos críticos y evaluar su extensión en la zona correspondiente.	X											
	- Supervisar las flotas de transporte urbano y las empresas de taxis para asegurar que cuenten con vehículos modernos y con una revisión técnica actualizada.					X	X	X	X	X	X	X	X
Mediano plazo	- Aplicar el sistema de "pico y placa" en el centro de la ciudad de Tacna durante las horas pico, para reducir la congestión vehicular.					X	X	X	X	X	X	X	X
	- Mejorar la infraestructura vial y urbana, incluyendo la pavimentación de calles y la implementación de soluciones de diseño urbano como espacios públicos silenciosos.									X	X	X	X

5.2 Discusión de resultados

Discusión de la medición de los niveles de ruido y monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.

Investigaciones realizadas por Aguilar y Beltran (2019), Arellano-Avelar et al. (2017), García (2016), Gonzales (2019), Licla (2016), Olarte (2019), Saquisilí (2015) y Timaná (2017) han informado rangos de niveles de ruido entre los 51 dBA a los 80 dBA en sus monitoreos, mostrando una tendencia común de mayores valores durante el turno diurno en entornos urbanos. Esto resultados se encuentran en línea con los hallazgos encontrados teniendo valores promedio de nivel de ruido de 66,77 dBA en el turno diurno y de 61,51 dBA en el turno nocturno, correspondientemente siendo mayor el nivel de ruido en el periodo de evaluación diurno, tanto en los resultados obtenidos por vía de tránsito (tabla 9) como en el área total de estudio (tabla 11), lo que señala una tendencia de exposición a un mayor ruido durante ese periodo de tiempo.

Estos hallazgos resaltan la existencia de una variación significativa en los niveles de ruido a lo largo del día y en las diferentes vías de tránsito de la ciudad. Se puede resaltar como la Av. Francisco Bolognesi, correspondiente a la Alameda Bolognesi, como un foco de contaminación acústica teniendo una tendencia de mayores niveles de ruido y esto estaría atribuido a su característica como vía de tránsito principal. La mayor

concentración de ruido durante el día puede estar relacionada con actividades comerciales, tráfico vehicular y otras fuentes de ruido asociadas a las zonas urbanas. Asimismo, la diferencia entre las zonas sugiere la influencia de factores específicos en cada área que contribuyen a los niveles de ruido observados.

Sin embargo, es importante destacar que Sánchez (2015) reportó valores promedio de medición más bajos en zonas semiurbanas con un valor promedio de 37 dBA, y solo observando niveles más altos de ruido en áreas cercanas a carreteras. Esta diferencia en los resultados sugiere que el entorno y la ubicación geográfica pueden influir en los niveles de ruido, como áreas urbanas y zonas de mayor tráfico vehicular experimentando niveles de ruido más altos en comparación con áreas semiurbanas. Estos hallazgos respaldan la noción de que el ruido ambiental es un fenómeno generalizado en los entornos urbanos y que las actividades humanas, como el tráfico vehicular, desempeñan un papel importante en su generación.

Cabe mencionar que, los resultados obtenidos en el monitoreo de ruido realizado por Yagua (2016) muestran que los valores más altos se encuentran en las Av. Coronel Bolognesi y Av. Patricio Meléndez, con niveles que oscilan entre 70 y 75 dBA. Estos datos son similares a los obtenidos en el presente trabajo de investigación, donde los dos puntos

más altos en el horario diurno corresponden precisamente a la Alameda Bolognesi, con valores de 72,20 dBA y 70,85 dBA (PM 36 y PM37). Además, los puntos PM 5 y PM 11 (ubicados en la Av. Patricio Meléndez) se encuentran entre los diez puntos más altos con valores de 69 dBA, los cuales son muy cercanos a los obtenidos en este estudio.

En el estudio realizado por Churata (2021) que monitoreó el ruido en los principales mercados de la ciudad se obtuvieron valores superiores a 70 dBA en el mercado central, que es la zona más cercana al área de estudio de este trabajo. El valor más alto registrado fue de 86,60 dBA, lo cual está significativamente por encima de los puntos de monitoreo más cercanos a dicho mercado (puntos PM 12 y PM 13, correspondientes a la calle Bolívar), los cuales presentaron valores de 61 dBA y 67 dBA, respectivamente.

Estos antecedentes y los resultados obtenidos señalan claramente la existencia de un nivel significativo de contaminación acústica en la zona céntrica de Tacna, incluso demostrando que ha sido un problema persistente durante varios años, dado a los datos concordantes que han sido registrados desde el año 2016, lo que subraya la magnitud y la duración del problema.

En la visualización de los resultados hallados (figura 7 y 8) se ha encontrado que, durante el horario diurno, aproximadamente el 97,36 % del área urbana se ve afectada por la contaminación acústica, lo que equivale a 37 puntos críticos identificados. Durante el horario nocturno, el porcentaje de afectación es del 76,31 %, lo que representa un total de 29 puntos críticos en el área urbana. Estos hallazgos resaltan la gravedad de la situación y la necesidad de tomar medidas urgentes para abordar y mitigar la contaminación acústica en Tacna. Es importante implementar estrategias efectivas para reducir los niveles de ruido y de esa forma proteger la salud y el bienestar de los residentes en la zona urbana afectada.

En relación al monóxido de carbono, los valores encontrados se sitúan dentro de los rangos registrados en otros estudios realizados en las estaciones de monitoreo de calidad del aire de Lima. Estos estudios reportan concentraciones de monóxido de carbono que varían desde 1,5 ppm hasta los 4 ppm durante el horario diurno, mientras que durante el horario nocturno se registran niveles de monóxido de carbono entre 0,85 ppm $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 3,4 ppm (SENAMHI, 2023). Estos resultados concuerdan con una mayor presencia de este elemento durante el turno diurno, aunque es importante destacar que los valores presentados se encontraron bastante alejados del ECA.

El promedio de los valores obtenidos en el presente estudio es de 1,55 mg/m³ en el horario diurno y 1,40 mg/m³ en el horario nocturno. Estos valores son inferiores a los reportados por Tirado et al. (2021) que obtuvieron un valor promedio de 2697,98 µg/m³ o 2,70 ppm de concentración de monóxido de carbono. El punto más cercano de monitoreo fue en el Mercado Central donde reportó 2,14 ppm, casi el doble a lo hallado en los puntos más cercanos a dicha área (PM 12 y PM 13).

Además, cabe mencionar que los promedios obtenidos por cada vía de tránsito (tabla 10) revelan una especial tendencia de mayor concentración de monóxido de carbono durante el periodo nocturno. Esta propensión puede estar relacionada a fuentes externas de las características de cada zona como son la presencia de restaurantes, bares u otras actividades que aumentan su actividad durante la noche. Sin embargo, también se observa una inversión de esta tendencia en algunas vías, como calle Bolívar y la calle 28 de Julio, donde se registra una mayor concentración de monóxido de carbono durante el horario diurno. Esta variación puede atribuirse a la actividad vehicular y a la ubicación como vías de tránsito principales, lo que explica los elevados valores encontrados durante el monitoreo diario de estos puntos.

Aunque se concluye que no existe una contaminación significativa en los puntos de monitoreo, los resultados encontrados en cuanto a los niveles de concentración de monóxido de carbono por vía de tránsito y el mapa nos proporcionan información sobre el comportamiento y desplazamiento de este elemento. Esto nos permite identificar los puntos que requieren una mayor atención debido a su mayor concentración, como es el caso de los puntos PM 30, PM 38 y PM 32. Durante el monitoreo, se observó que en algunos días estos puntos superaron el ECA, lo que indica que la contaminación no es constante en dichos lugares tendiendo a incrementarse, por lo que dichas zonas requieren de mayor atención y estudio para evitar un punto crítico de contaminación futuro.

El análisis de correlación por vía de tránsito reveló la correlación de las variables de ruido y monóxido de carbono (tabla 12, 13 y 14); sin embargo, la tendencia de las variables se determina con mayor precisión en el análisis por vía de tránsito donde se revela que para cada calle y avenida es distinta su relación.

De esta manera, podemos destacar que para ciertas vías como la Av. Francisco Bolognesi, Av. San Martín, calle Zela, calle Cusco, calle Blondell, calle Callao, calle Francisco Lazo, calle Arias Araguez, calle

Bolívar y calle Ayacucho, en el turno diurno se cumple que existe una relación positiva entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono, lo que significa que a medida que aumenta el nivel de ruido, también aumenta la concentración de monóxido de carbono.

Asimismo, en el turno nocturno, se observa una tendencia similar en calles y avenidas como la Av. Francisco Bolognesi, Av. 2 de Mayo, calle Zela, calle Blondell, calle Callao, calle Francisco Lazo, calle Hipólito Unanue, calle Deústua, calle Arias Araguez y calle Ayacucho donde la relación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono también es positiva, incluso algunas se repiten teniendo la misma correlación tanto en el horario nocturno como diurno.

La explicación de este fenómeno se atribuye a que las zonas identificadas, experimentan un mayor flujo de tráfico vehicular, lo que resulta en un mayor congestionamiento durante las horas pico. El tráfico vehicular es una de las principales fuentes de ruido y emisiones de monóxido de carbono en entornos urbanos, por lo que es comprensible que se observe una correlación significativa entre ambos factores en estas áreas

Es relevante destacar que los vehículos desempeñan un papel significativo en la generación de monóxido de carbono, ya que el 87 % de las emisiones del motor de combustión interna de los vehículos consisten en monóxido de carbono (Rocha-Hoyos et al., 2018). Esto está respaldado por los hallazgos de Tirado et al. (2021), quienes informaron una correlación positiva entre los niveles de monóxido de carbono y la cantidad de vehículos en circulación, lo cual coincide con los resultados encontrados en la correlación, ya que una mayor presencia del nivel de ruido indicaría una mayor presencia de vehículos y por correspondiente aumentaría la concentración de monóxido de carbono. Esto nos ayuda a comprender que el aumento acelerado y el envejecimiento del parque automotor, junto con el consumo de combustibles de baja calidad, son factores que contribuyen a esta situación.

En el horario diurno, se observa una relación inversa en la Av. 2 de Mayo, calle Coronel Inclán, calle Hipólito Unanue y calle 28 de Julio, lo que significa que una disminución en los niveles de ruido se asocia con un aumento en la concentración de monóxido de carbono. Esta misma tendencia se repite en el horario nocturno en la Av. Patricio Meléndez, calle Cusco, calle Coronel Inclán, calle 28 de Julio y pasaje Libertad.

Esto puede estar relacionado con el hecho de que estas vías de tránsito son áreas principalmente comerciales, con una variedad de establecimientos de venta de comida y servicios, así como clubes nocturnos y bares. Estas actividades pueden generar fuentes adicionales de ruido y contribuir a una mayor concentración de monóxido de carbono en el área. Por lo tanto, esto podría explicar la ausencia de correlación y la tendencia negativa observada en el horario nocturno, donde las actividades comerciales predominantes invierten la relación entre el ruido y la concentración de monóxido de carbono. Estos resultados resaltan la importancia de considerar los distintos factores que influyen en los niveles de ruido y contaminación del aire en cada vía y en diferentes horarios.

Además, el análisis de correlación reveló que, en ciertas vías, como la Av. San Martín, calle Modesto Basadre y calle Deústua en el horario diurno, así como la calle Modesto Basadre y calle Bolívar en el horario nocturno, no se encontró ninguna correlación significativa entre las variables. Este resultado puede atribuirse a las características particulares de estas zonas, ya que corresponden a vías que dirigen al centro histórico de Tacna, donde se encuentra el Paseo Cívico y sus alrededores. Esta área se caracteriza por tener vías menos transitadas y una variedad de

actividades, como instituciones y locales comerciales, pero con un menor número de establecimientos de venta de comida.

La presencia de esta diversidad de actividades, combinada con la existencia de vías de tránsito secundarias en la zona, puede influir en la falta de una tendencia clara en los datos y, en consecuencia, en la ausencia de correlación entre el ruido y la concentración de monóxido de carbono. Las diferentes fuentes de ruido y la variabilidad en las actividades diurnas y nocturnas pueden generar una irregularidad en los patrones observados, dificultando la identificación de una relación consistente entre las variables en esta zona en particular.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar las características específicas de cada área al desarrollar estrategias de mitigación del ruido y la contaminación del aire. En el caso de estas vías, podría ser necesario adoptar enfoques más personalizados y adaptados a las particularidades de su entorno urbano para abordar eficazmente el problema de la contaminación acústica y ambiental.

Asimismo, es importante tener en cuenta que las correlaciones encontradas son de acuerdo a las evaluaciones por punto de monitoreo y

vía de tránsito. Estos hallazgos discrepan con lo reportado por Lucero (2022) donde no halló una relación exacta dado a la variabilidad de los puntos de monitoreo. De tal manera, se debe resaltar la importancia de considerar las particularidades de cada ubicación al analizar la relación entre el ruido y la concentración de monóxido de carbono. Los resultados obtenidos brindan una visión de la tendencia de estas variables en las zonas de estudio y destacan la necesidad de implementar medidas específicas en los puntos críticos para reducir los niveles de ruido en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.

Cabe destacar que la correlación no implica causalidad directa, pero indica una relación estadística entre estas variables estudiadas y los datos recopilados en campo. Además, es importante considerar que otros factores, como la densidad del tráfico, las condiciones de ventilación y la presencia de fuentes de emisión adicionales, también pueden influir en la relación entre el ruido y el monóxido de carbono en cada punto de monitoreo específico.

De esta manera, es esencial continuar monitoreando estos puntos y evaluar su evolución a lo largo del tiempo para comprender mejor los factores que influyen en los niveles de contaminación en estas áreas

específicas. Esto permitirá el diseño de políticas y medidas adecuadas para mejorar la calidad ambiental y reducir los niveles de ruido y contaminantes en la ciudad.

Discusión de la elaboración de mapas de ruido y monóxido de carbono para conocer los puntos críticos y realizar propuestas de mitigación en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.

Esto nos indica la importancia de considerar criterios de planificación urbana que promuevan una distribución equitativa de actividades y una adecuada separación entre zonas residenciales y áreas de mayor flujo vehicular y actividad nocturna. Además, es fundamental promover el uso de tecnologías más limpias y silenciosas en el transporte, así como la adopción de buenas prácticas de gestión ambiental en las áreas urbanas.

Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar medidas de control y mitigación en las áreas con altos niveles de contaminación, mientras se fomenta y preserva la existencia de espacios urbanos más tranquilos y menos contaminados en las vías secundarias. De esta manera, se puede mejorar la calidad de vida de los residentes en estas áreas y promover un entorno urbano más sostenible y saludable.

CONCLUSIONES

Se evaluó la contaminación acústica de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido obteniendo como resultado que las vías de tránsito presentaron una diferencia significativa en el nivel de ruido. Además, se encontró que 37 de los 38 puntos monitoreados presentaron valores superiores al ECA de ruido establecido para zonas residenciales en ambos horarios; pero, en cuanto a la concentración de monóxido de carbono, todos los puntos se encontraban por debajo del ECA de aire. El promedio de nivel de ruido y concentración de monóxido de carbono del área total de estudio fue de 66,77 dBA y 1,55 ppm en el horario diurno y de 61,51 dBA y 1,40 ppm en el horario nocturno. Adicionalmente, se determinó que las calles presentan, en promedio, mayores valores de monóxido de carbono y que las avenidas mayores niveles de ruido.

Se elaboraron los mapas de ruido y de monóxido de carbono para realizar propuestas de mitigación en los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna. Estas medidas se enfocan en acciones de corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de mejorar de manera efectiva la calidad acústica de la ciudad. Entre las medidas propuestas se incluyen la implementación de medidas de gestión

y regulación del tráfico vehicular medidas de sensibilización y concientización, así como medidas correctivas para los conductores.

RECOMENDACIONES

Realizar monitoreos de calidad de ruido y de aire en diferentes áreas de estudio de la ciudad de Tacna más allá de las principales calles y avenidas con equipos de medición de ruido y aire calibrados para determinar los niveles de contaminación acústica en toda la ciudad.

Implementar las propuestas de mejora citadas en la presente tesis para determinar la efectividad de cada una de ellas en cuanto a la mitigación de contaminación acústica y de monóxido de carbono.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., & Beltran, P. (2019). *Influencia de la contaminación acústica sobre la salud de los comerciantes en los mercados modelo y Raez Patiño del distrito de Huancayo* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6072>
- Alfie, M., & Salinas, O. (2017). Ruido en la ciudad: Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 65–96. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100065
- Amable, I., Méndez, J., Delgado, L., Acebo, F., Mestre, J., & Rivero, M. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Rev.Med.Electrón.*, 39(3), 640–649. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000300024
- Aragon, J., Obregon, F., Prada, D., & Rodriguez, S. (2020). *Hipoacusia inducida por ruido en los trabajadores del Conjunto Residencial Campestre de la Dorada, Caldas* [Universidad EAN]. <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10155>
- Arellano-Avelar, M., Orozco-Medina, M., Preciado-Caballero, N., & Figueroa-Montaña, A. (2017). Niveles de ruido en puntos críticos del canal de la avenida Patria, Zapopan, Jalisco, México. *Revista de Investigaciones Sociales*, 3(9), 13–21. https://www.ecorfan.org/republicofnicaragua/researchjournal/investigacionessociales/journal/vol3num9/Revista_de_Investigaciones_Sociales_V3_N9_2.pdf

- Baffoe, P., Duker, A., & Senkyire-Kwarteng, E. (2022). Assessment of health impacts of noise pollution in the Tarkwa Mining Community of Ghana using noise mapping techniques. *Global Health Journal*, 6(1), 19–29. <https://doi.org/10.1016/J.GLOHJ.2022.01.005>
- Chen, X., Liu, M., Zuo, L., Wu, X., Chen, M., Li, X., An, T., Chen, L., Xu, W., Peng, S., Chen, H., Liang, X., & Hao, G. (2023). Environmental noise exposure and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analysis. *European Journal of Public Health*, 5(3), 1–7. <https://doi.org/10.1093/EURPUB/CKAD044>
- Churata, A. (2021). *Contaminación sonora y su influencia en el nivel de estrés en mercados de alta concurrencia de Tacna, 2018* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4293>
- Escobar, J. (2017). *Análisis de la contaminación por ruido generada por aeropuertos y su efecto en la salud* [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16428>
- Farooqi, Z., Sabir, M., Zeeshan, N., Murtaza, G., Hussain, M., Ghani, M., Farooqi, Z., Sabir, M., Zeeshan, N., Murtaza, G., Hussain, M., & Ghani, M. (2020). Vehicular noise pollution: Its environmental implications and strategic control. In *Autonomous vehicle and smart traffic*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.85707>
- García, R. (2016). *Evaluación de la contaminación acústica de la zona comercial e industrial de la ciudad de Tacna 2016* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3107>

- Geravandi, S., Takdastan, A., Zallaghi, ; Elahe, Mehdi, ;, Niri, V., Mohammad, ;, Mohammadi, J., Saki, H., Naiemabadi, A., & Mohammadi, M. J. (2015). Noise Pollution and Health Effects. *Jundishapur Journal of Health Sciences* 2015 7:1, 7(1), 25357. <https://doi.org/10.5812/JJHS.25357>
- Gheibi, M., Karrabi, M., Latifi, P., & Fathollahi-Fard, A. (2022). Evaluation of traffic noise pollution using geographic information system and descriptive statistical method: a case study in Mashhad, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 1(3), 1–14. <https://doi.org/10.1007/S11356-022-18532-4/FIGURES/10>
- Gilani, T., & Mir, M. (2021). A study on the assessment of traffic noise induced annoyance and awareness levels about the potential health effects among residents living around a noise-sensitive area. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(44), 63045. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-15208-3>
- Gonzales, F. (2019). *Evaluación de la contaminación sonora y su relación con la calidad de vida de los residentes del hospital de Barranca* [Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2992>
- Hahad, O., Prochaska, J., Daiber, A., & Muenzel, T. (2019). Environmental noise-induced effects on stress hormones, oxidative stress, and vascular dysfunction: Key factors in the relationship between cerebrocardiovascular and psychological disorders. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4623109>

- Hernández, J., Espinosa, J., Peñaloza, M., Rodríguez, J., Chacón, J., Toloza, C., Arenas, M., Carrillo, S., & Bermúdez, V. (2019). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *AVFT – Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587–595. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_aavft/article/view/16165
- Hernández, O., Hernández, G., & López, E. (2019). Ruido y salud. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(4), 929–939. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002006000300003&script=sci_arttext%5Cnhttp://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002006000300003&script=sci_arttext
- Huang, Y. K., Mitchell, U., Conroy, L., & Jones, R. (2021). Community daytime noise pollution and socioeconomic differences in Chicago, IL. *PLOS ONE*, 16(8), e0254762. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0254762>
- Iglesias-Merchan, C., Laborda-Somolinos, R., González-Ávila, S., & Elena-Rosselló, R. (2021). Spatio-temporal changes of road traffic noise pollution at ecoregional scale. *Environmental Pollution*, 286, 117291. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.117291>
- INEI. (2018). *Peru: Crecimiento y distribución de la población total, 2017*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf
- Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., & Karoń, G. (2017). Noise and environmental pollution from transport: Decisive problems in developing ecologically efficient transport systems. *J. Vibroeng.*, 19(7),

5639–5655. <https://doi.org/10.21595/jve.2017.19371>

Jamalizadeh, Z., Safari Variani, A., Ahmadi, S., & Asivandzadeh, E. (2018). Association of road traffic noise exposure and driving behaviors. *J. Hum. Environ. Health Promot.*, 4(3), 111–115. <https://doi.org/10.29252/jhehp.4.3.3>

Jhanwar, D. (2016). Noise Pollution: A Review. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, Vol. 4, 2016, Pages 72-77, 4(3), 72–77. <https://doi.org/10.12691/JEPHH-4-3-3>

Kallankandy, S., & Deswal, S. (2023). A comprehensive review of noise measurement, standards, assessment, geospatial mapping and public health. *Ecological Questions*, 34(3), 1–26. <https://doi.org/10.12775/EQ.2023.035>

Khreis, H., Warsow, K., Verlinghieri, E., Guzman, A., Pellecuer, L., Ferreira, A., Jones, I., Heinen, E., Rojas-Rueda, D., Mueller, N., Schepers, P., Lucas, K., & Nieuwenhuijsen, M. (2016). The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: Understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions. *J. Transp. Health.*, 3(3), 249–267. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.07.002>

, D., & Kumar, D. (2018). Chapter 13 - Abatement of Noise Pollution. In *Sustainable Management of Coal Preparation* (pp. 279–291). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812632-5.00013-6>

Licla, L. (2016). *Evaluación y percepción social del ruido ambiental generado por el tránsito vehicular en la zona comercial del distrito de Lurín* [Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3168>

Lie, A., Skogstad, M., Johannessen, H., Tynes, T., Mehlum, I., Nordby, K., Engdahl, B., & Tambs, K. (2016). Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 89(3), 351–372. <https://doi.org/10.1007/S00420-015-1083-5>

Lucero, D. (2022). *Explorando las relaciones entre ruido ambiental, material particulado y monóxido de carbono en comunas de Santiago* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/192853>

Mapuranga, M., Maziriri, E., Letshaba, R., & Chitamba, A. (2020). Does occupational noise matter amongst manufacturing (small and medium enterprises) workers? Empirical evidence from Magaba, Mbare, Zimbabwe. *The South African Journal of Communication Disorders*, 67(2), 1–11. <https://doi.org/10.4102/SAJCD.V67I2.680>

Mesene, M., Meskele, M., & Mengistu, T. (2022). The proliferation of noise pollution as an urban social problem in Wolaita Sodo city, Wolaita zone, Ethiopia. *Cogent Social Sciences*, 8(1), 2103280. <https://doi.org/10.1080/23311886.2022.2103280>

Moroe, N., & Mabaso, P. (2022). Quantifying traffic noise pollution levels: a cross-sectional survey in South Africa. *Scientific Reports 2022 12:1*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07145-z>

Oguntunde, P., Okagbue, H., Oguntunde, O., & Odetunmibi, O. (2019). A Study of noise pollution measurements and possible effects on public health in Ota Metropolis, Nigeria. *Macedonian Journal of Medical*

Sciences, 7(8), 1391. <https://doi.org/10.3889/OAMJMS.2019.234>

Olarte, D. (2019). *Evaluación de la contaminación acústica mediante la elaboración de mapas de ruido en el Colegio Adventista Tupac Amaru, Provincia de San Román – Puno* [Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2660>

Quispe, J., Roque, C., Rivera, G., Rivera, F., & Romaní, A. (2021). Impacto de la contaminación sonora en la salud de la población de la ciudad de Juliaca, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), 331–337. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.228

Radun, J., Maula, H., Rajala, V., Scheinin, M., & Hongisto, V. (2022). Acute stress effects of impulsive noise during mental work. *Journal of Environmental Psychology*, 81, 101819. <https://doi.org/10.1016/J.JENVP.2022.101819>

Recio, A., Carmona, R., Linares, C., Ortiz, C., Ramón, J., & Díaz, J. (2016). *Efectos del ruido urbano sobre la salud: estudios de análisis de series temporales realizados en Madrid*. Escuela Nacional de Sanidad. <https://repisalud.isciii.es/handle/20.500.12105/5434>

Rocha-Hoyos, J., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., Torres, G., & Llanes-Cedeño, E. (2018). Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. *CIENCIA UNEMI*, 11(28), 97–108. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p>

Sánchez, R. (2015). *Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva)* [Universidad de Huelva].

<https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/11387>

Saquisilí, S. (2015). *Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad de Azogues* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21945>

SENAMHI. (2023). *Boletín vigilancia de calidad del aire: área metropolitana de Lima y Callao (diciembre 2022)*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/2673>

Senzaki, M., Kadoya, T., & Francis, C. (2020). Direct and indirect effects of noise pollution alter biological communities in and near noise-exposed environments. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1923), 1–9. <https://doi.org/10.1098/RSPB.2020.0176>

Singh, D., Kumari, N., & Sharma, P. (2018). A Review of adverse effects of road traffic noise on human health. *Fluctuation and Noise Letters*, 17(1), 1–25. <https://doi.org/10.1142/S021947751830001X>

Sordello, R., De Lachapelle, F., Livoreil, B., & Vanpeene, S. (2019). Evidence of the environmental impact of noise pollution on biodiversity: A systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S13750-019-0146-6/TABLES/2>

Stansfeld, S., Clark, C., Smuk, M., Gallacher, J., & Babisch, W. (2021). Road traffic noise, noise sensitivity, noise annoyance, psychological and physical health and mortality. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 20(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12940-021-00720-3/FIGURES/8>

- Thompson, R., Smith, R., Bou Karim, Y., Shen, C., Drummond, K., Teng, C., & Toledano, M. (2022). Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence. *Environment International*, 158(2), 106905. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2021.106905>
- Timaná, M. (2017). *Nivel de ruido ambiental en el mercado de la ciudad de Piura* [Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1317>
- Tirado, L., Tirado, E., Tirado, I., Mena, F., & Montánchez, E. (2021). Análisis y evaluación de los niveles de CO y CO2 en la ciudad de Tacna en relación con el parque automotor y los estándares de calidad ambiental del aire. *Arquitek*, 20(5), 21–33. <https://doi.org/10.47796/ra.2021i20.548>
- Yagua, W. (2016). *Evaluación de la contaminación acústica en el centro histórico de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido - 2016* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1915>
- Yang, W., He, J., He, C., & Cai, M. (2020). Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102516. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2020.102516>

ANEXOS

Anexo 1

Recopilación de datos

Tabla 19

Datos recopilados en el monitoreo diurno de ruido del punto 1 al 19 de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Punto	Mediciones de ruido en monitoreos diurnos							dBA	
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio	
PM 1	73,97	72,22	67,59	71,55	62,13	56,44	61,05	70	
PM 2	58,43	71,62	68,36	61,72	54,13	55,10	52,94	65	
PM 3	70,52	68,34	71,83	67,46	64,40	64,43	58,79	68	
PM 4	64,40	70,68	64,57	57,11	53,94	61,02	55,77	64	
PM 5	69,37	74,13	66,04	69,75	63,93	59,38	51,11	69	
PM 6	59,60	61,93	69,29	59,77	62,65	58,67	50,23	63	
PM 7	69,96	71,85	67,10	67,08	65,35	63,30	64,30	68	
PM 8	67,77	67,80	67,42	63,21	65,51	54,34	44,97	65	
PM 9	68,66	67,07	63,58	61,15	63,51	54,25	48,87	64	
PM 10	66,80	64,05	66,80	65,51	59,27	58,73	52,37	64	
PM 11	70,47	70,34	70,53	72,06	66,32	56,38	56,45	69	
PM 12	64,79	58,89	59,26	59,81	61,27	53,25	58,67	61	
PM 13	62,88	68,53	67,75	72,38	56,76	57,31	48,55	67	
PM 14	67,82	68,02	68,91	65,88	60,59	56,64	51,89	66	
PM 15	69,41	70,51	68,25	72,83	62,92	55,51	49,57	68	
PM 16	69,80	70,58	67,34	0,00	0,00	59,95	58,26	66	
PM 17	61,06	67,89	70,75	60,96	62,65	60,47	57,87	65	
PM 18	76,48	70,57	69,73	70,38	68,35	59,74	54,36	71	
PM 19	68,31	70,21	71,20	66,69	69,54	61,70	68,77	69	

Tabla 20

Datos recopilados en el monitoreo diurno de ruido del punto 20 al 38 de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Punto	Mediciones de ruido en monitoreos diurnos							Promedio
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
PM 20	61,85	63,40	64,61	61,92	60,38	60,89	60,28	62,17
PM 21	43,01	59,77	62,45	51,93	60,31	65,90	57,20	60,77
PM 22	55,28	67,13	63,98	61,99	64,59	67,03	64,14	64,58
PM 23	56,48	59,50	57,85	65,76	62,30	62,61	63,86	62,22
PM 24	48,67	54,59	53,48	63,03	52,94	57,68	60,01	57,96
PM 25	63,46	70,35	66,17	69,34	65,59	69,18	68,52	68,06
PM 26	58,57	65,70	70,18	72,31	71,82	68,97	66,99	69,33
PM 27	54,91	58,34	56,09	60,87	58,28	72,55	70,10	66,54
PM 28	57,58	66,04	61,31	55,08	63,68	58,24	57,55	61,48
PM 29	57,65	59,11	58,58	65,68	64,19	59,16	63,40	62,14
PM 30	67,76	60,86	59,29	65,94	62,24	66,25	68,19	65,43
PM 31	40,40	63,02	67,49	56,14	59,31	65,10	68,41	64,35
PM 32	57,05	64,38	65,19	63,66	65,33	66,62	62,59	64,27
PM 33	61,35	55,30	62,54	57,22	64,74	65,37	66,10	63,17
PM 34	56,60	65,80	63,43	63,05	58,82	66,09	64,78	63,67
PM 35	55,39	64,37	68,30	52,88	53,37	55,60	58,04	62,06
PM 36	68,62	75,65	70,86	68,01	72,05	73,95	71,05	72,20
PM 37	62,72	71,40	71,83	68,45	69,57	74,37	70,34	70,85
PM 38	66,28	64,59	66,71	73,17	70,19	69,82	70,02	69,52

Tabla 21

Datos recopilados en el monitoreo nocturno de ruido de ruido del punto 1 al 19 de en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Punto	Mediciones de ruido en monitoreos nocturnos							Promedio
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
PM 1	66,08	62,09	68,77	66,02	51,74	56,37	44,23	64,06
PM 2	55,54	50,02	55,34	53,31	47,37	49,59	43,24	52,27
PM 3	64,17	67,22	65,79	61,43	57,52	57,79	55,37	63,19
PM 4	55,49	61,23	53,28	62,76	64,52	58,60	49,05	60,25
PM 5	64,82	68,15	59,20	60,88	62,01	58,72	59,87	63,29
PM 6	55,71	44,82	52,88	51,41	50,85	60,08	37,38	54,29
PM 7	57,77	56,31	64,51	59,93	63,76	50,16	59,07	60,64
PM 8	61,18	64,84	62,07	58,84	66,37	62,88	50,68	62,73
PM 9	52,78	52,19	57,82	53,12	47,22	45,83	43,03	52,61
PM 10	53,22	65,62	53,09	65,08	54,20	53,76	48,50	60,50
PM 11	61,85	55,88	57,50	62,12	48,46	60,00	58,13	59,21
PM 12	54,33	52,35	56,34	50,02	55,98	53,14	41,91	53,57
PM 13	48,77	47,05	52,56	58,97	59,28	58,44	56,17	56,40
PM 14	60,44	56,27	73,39	61,53	56,57	56,57	57,95	65,75
PM 15	59,59	64,15	70,67	65,76	64,99	63,57	57,77	65,52
PM 16	60,59	59,75	58,24	62,17	44,04	59,13	47,75	58,80
PM 17	60,84	51,59	66,76	60,74	60,23	51,99	49,88	60,89
PM 18	52,43	49,12	49,98	53,06	54,45	48,81	46,10	51,35
PM 19	55,05	46,80	47,02	47,69	51,42	48,03	39,02	49,92

Tabla 22
Datos recopilados en el monitoreo nocturno de ruido del punto 20 al 38 de en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Punto	Mediciones de ruido en monitoreos nocturnos							Promedio
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
PM 20	64,14	63,47	61,70	51,36	62,78	67,97	68,52	64,92
PM 21	53,30	48,36	48,82	57,71	49,35	45,87	49,26	52,19
PM 22	59,15	61,94	59,22	64,86	56,17	58,91	59,55	60,78
PM 23	70,18	64,68	63,83	58,60	59,75	71,55	69,75	67,69
PM 24	59,48	59,48	60,82	55,92	61,96	62,93	64,67	61,48
PM 25	54,40	66,01	66,01	60,96	65,25	63,42	68,51	65,00
PM 26	57,25	67,26	62,77	67,90	59,61	60,56	60,67	63,89
PM 27	50,76	61,35	65,30	47,89	58,93	57,49	57,49	59,90
PM 28	47,92	56,45	54,86	52,99	56,90	59,44	57,38	56,21
PM 29	57,17	68,22	68,39	45,77	53,18	62,66	58,45	63,82
PM 30	41,94	51,57	49,30	59,63	67,25	55,36	51,76	59,98
PM 31	47,48	45,79	45,79	57,57	47,87	61,41	58,65	56,15
PM 32	59,09	64,67	62,19	54,48	68,73	55,10	58,42	63,06
PM 33	48,32	49,56	44,52	51,42	57,47	61,15	59,40	56,40
PM 34	49,34	52,33	55,47	45,98	56,70	55,85	62,09	56,49
PM 35	52,48	51,65	54,73	46,08	53,85	53,88	56,97	53,71
PM 36	60,10	69,23	69,23	58,11	63,45	59,08	59,88	65,05
PM 37	44,73	61,55	60,43	52,51	64,18	60,52	60,55	60,37
PM 38	51,58	52,09	53,80	44,62	53,96	58,84	52,98	54,07

Tabla 23

Datos recopilados en el monitoreo diario de monóxido de carbono del punto 1 al 19 de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Punto	Concentraciones de CO en monitoreos diurnos							ppm
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
PM 1	1,27	1,33	1,37	2,05	1,64	1,70	1,90	1,61
PM 2	0,73	1,40	0,78	1,68	1,52	0,96	1,50	1,22
PM 3	2,25	0,74	1,60	2,50	2,19	0,79	0,22	1,47
PM 4	0,11	0,84	0,82	0,00	0,10	0,04	0,61	0,36
PM 5	0,55	0,14	0,40	0,00	0,05	0,00	0,33	0,21
PM 6	0,00	0,23	0,16	1,63	0,16	0,71	0,06	0,42
PM 7	1,00	1,39	0,73	1,38	0,69	2,64	0,97	1,26
PM 8	1,42	0,15	1,14	1,98	0,29	0,11	0,00	0,73
PM 9	0,43	1,24	0,79	0,26	1,03	0,00	3,17	0,99
PM 10	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
PM 11	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01
PM 12	0,61	1,25	0,00	1,29	2,12	2,84	0,00	1,16
PM 13	0,71	1,36	0,00	0,61	1,75	2,72	0,00	1,02
PM 14	1,35	3,98	2,92	5,07	3,37	2,65	2,77	3,16
PM 15	1,28	2,52	1,37	0,86	4,27	0,00	0,95	1,61
PM 16	5,50	2,86	1,37	0,00	0,00	0,81	2,14	1,81
PM 17	3,94	0,10	0,00	0,00	0,15	0,00	0,37	0,65
PM 18	0,35	2,46	0,07	0,03	0,33	3,82	4,31	1,62
PM 19	3,43	0,00	1,69	1,29	1,69	0,70	1,54	1,48

Tabla 24
Datos recopilados en el monitoreo diario de monóxido de carbono del punto 20 al 38 de las principales calles y avenidas de la Ciudad de Tacna

Punto	Concentraciones de CO en monitoreos diarios							ppm
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
PM 20	0,78	0,00	0,07	1,32	1,92	1,61	1,82	1,07
PM 21	0,18	0,07	0,00	0,58	0,00	0,25	0,25	0,19
PM 22	3,29	3,21	6,24	3,43	3,69	1,39	1,26	3,22
PM 23	0,72	0,20	0,02	1,16	0,35	0,17	0,24	0,41
PM 24	0,43	0,72	1,39	0,91	0,00	0,06	0,19	0,53
PM 25	0,15	0,27	0,00	0,00	0,44	0,34	0,05	0,18
PM 26	0,00	0,00	0,00	0,78	0,29	0,00	0,19	0,18
PM 27	2,24	3,42	2,78	1,68	2,09	4,65	4,67	3,07
PM 28	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,07	0,03
PM 29	2,46	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,33	0,45
PM 30	9,85	10,39	9,48	2,08	5,15	6,80	6,79	7,22
PM 31	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,05	0,17	0,04
PM 32	8,94	5,42	6,81	1,40	8,87	3,80	6,62	5,98
PM 33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,12
PM 34	0,18	4,83	3,44	0,67	0,19	3,40	3,47	2,31
PM 35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,02
PM 36	7,74	1,25	4,72	1,64	5,31	1,83	2,63	3,59
PM 37	2,52	4,24	1,50	2,34	1,83	3,85	4,89	3,03
PM 38	2,66	8,68	7,36	3,06	4,45	10,83	8,52	6,51

Tabla 25

Datos recopilados en el monitoreo nocturno de monóxido de carbono del punto 1 al 19 en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna

Punto	Concentraciones de CO en monitoreos nocturnos										Promedio (ppm)	
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo					
PM 1	2,36	3,84	2,82	3,62	4,52	3,73	4,42					3,62
PM 2	1,23	2,20	0,35	1,15	1,99	1,84	2,62					1,63
PM 3	1,08	2,75	2,92	2,08	0,74	1,45	2,24					1,89
PM 4	1,53	1,85	1,28	0,59	1,00	1,55	2,15					1,42
PM 5	0,88	0,00	1,37	1,26	1,66	0,83	1,90					1,13
PM 6	1,35	0,55	2,23	1,30	2,83	0,99	0,64					1,41
PM 7	1,88	2,25	2,41	0,87	0,08	1,78	2,98					1,75
PM 8	1,62	0,80	0,63	0,37	1,26	1,24	0,28					0,89
PM 9	0,48	0,38	0,45	0,94	0,00	0,27	0,02					0,36
PM 10	0,82	0,73	1,70	1,43	1,05	0,72	0,18					0,95
PM 11	0,63	0,47	0,24	0,30	0,96	0,50	1,29					0,63
PM 12	0,51	1,43	0,70	0,30	0,44	1,11	1,18					0,81
PM 13	1,30	0,00	0,29	0,20	0,60	0,26	0,21					0,41
PM 14	0,80	1,89	1,54	1,19	1,49	0,69	0,00					1,09
PM 15	2,62	0,46	0,58	1,38	1,63	0,34	1,28					1,18
PM 16	1,34	1,69	1,07	2,20	3,21	1,70	0,81					1,72
PM 17	0,66	0,00	1,07	0,66	0,92	0,26	0,77					0,62
PM 18	1,09	1,39	1,91	1,26	1,30	1,61	1,71					1,47
PM 19	1,31	1,71	0,91	0,00	0,07	0,54	0,00					0,65

Tabla 26

Datos recopilados en el monitoreo nocturno de monóxido de carbono del punto 20 al 38 en las principales calles y avenidas de la Ciudad de Tacna

Punto	Concentraciones de CO en monitoreos nocturnos										Promedio (ppm)
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
PM 20	0,00	0,68	0,86	4,06	0,63	2,20	2,08				1,50
PM 21	1,20	1,89	1,95	3,59	0,57	2,83	2,50				2,08
PM 22	1,19	0,53	0,59	0,34	1,70	0,03	0,30				0,67
PM 23	0,45	0,00	0,82	5,57	7,36	1,20	2,17				2,51
PM 24	1,11	1,12	1,03	0,00	0,03	0,00	0,08				0,48
PM 25	1,42	3,03	3,03	3,03	1,91	2,60	2,41				2,49
PM 26	1,91	2,35	2,06	1,88	2,31	1,21	1,42				1,88
PM 27	1,48	3,27	2,60	0,00	2,71	2,74	2,46				2,18
PM 28	1,60	1,00	1,13	2,41	0,12	1,64	1,97				1,41
PM 29	3,30	0,00	0,25	0,80	0,26	2,67	1,88				1,31
PM 30	2,48	2,45	2,14	1,11	3,72	1,45	1,67				2,14
PM 31	0,56	1,39	1,39	0,99	1,34	1,28	2,12				1,30
PM 32	1,05	1,61	1,58	0,95	0,00	1,92	1,69				1,26
PM 33	0,73	0,00	0,24	0,00	0,03	0,32	1,36				0,38
PM 34	1,62	2,31	2,04	1,26	1,69	2,16	2,42				1,93
PM 35	0,00	0,75	0,95	0,64	1,41	0,00	0,17				0,56
PM 36	1,66	2,04	2,04	1,30	2,08	3,21	2,78				2,16
PM 37	1,61	2,12	2,18	1,07	1,62	1,96	1,48				1,72
PM 38	0,00	2,01	2,25	0,00	3,33	1,76	2,52				1,69

Anexo 2

Matriz de consistencia

Problema de investigación	objetivo	Hipótesis	Variables independientes	Indicadores	Metodología
Problema General ¿Cómo se pretende realizar mapas de ruido para evaluar la contaminación acústica en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna?	Objetivo General Evaluar la contaminación acústica de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido.	Hipótesis Si se puede evaluar la contaminación acústica de las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido.	Variables independientes Horario de monitoreo Principales calles y avenidas	Indicadores Tiempo Universal Coordinado UTC - 5 Puntos de monitoreo	Tipo de investigación El tipo de investigación fue cuantitativo, ya que se enfocó en el uso de métodos y técnicas de recopilación de datos que se basan en la medición numérica y el análisis estadístico.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables dependientes	Indicadores	Población y muestra
¿Cuáles son los niveles de ruido y de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna?	Medir los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.	Los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono son diferentes en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.			En el marco de este estudio, se seleccionó como población de análisis a la ciudad de Tacna.
¿Cuál es la correlación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna?	Analizar la correlación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.	Existe una correlación entre los niveles de ruido y la concentración de monóxido de carbono en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.	Contaminación acústica Contaminación por monóxido de carbono	Decibeles (dBA). Partes por millón (ppm)	La muestra de la presente investigación comprende las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna, desde la av. Dos de Mayo hasta la av. Bolognesi, incluyendo también avenidas significativas como la av. Patricio Meléndez, calle Añas Araguanes, calle Calderón de la Barca, entre otras.
¿Se pueden proponer medidas de mitigación en los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna a partir de los mapas de ruido?	Elaborar mapas de ruido y de monóxido de carbono para realizar propuestas de mitigación en los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.	La elaboración de mapas de ruido y de monóxido de carbono permite mitigar los puntos críticos identificados en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna.			

Anexo 3

Panel fotográfico del trabajo experimental

Figura 11

Sonómetro UNI – T UT 353



Figura 12

Gasómetro AEROQUAL S300



Figura 13

Recopilación de datos de monitoreo de aire y ruido en campo

The image shows two pages of handwritten data tables. The left page contains data for points PM20, PM21, PM22, PM23, PM24, and PM25. The right page contains data for points PM27, PM28, PM29, PM30, and PM31. Each table lists 'Ruido' (Noise) and 'CO' (Carbon Monoxide) measurements across three columns.

Point	Ruido	CO
PM20	71.9	2.83
PM21	48.2	3.09
PM22	59.3	0
PM23	73.3	1.77
PM24	64.8	0.80
PM25	60.4	2.79
PM26	59.9	1.21

Point	Ruido	CO
PM27	59.9	2.08
PM28	51.7	1.14
PM29	63.5	2.38
PM30	50.3	1.24
PM31	64.1	2.03

Figura 14

Monitoreo de ruido y aire nocturno en el punto PM 28



Figura 15

Monitoreo de ruido y aire nocturno en el punto PM 33



Figura 16

Monitoreo de ruido y aire nocturno en el punto PM 22



Figura 17

Monitoreo de ruido y aire nocturno en el punto PM 3



Figura 18

Monitoreo de ruido y aire diurno en el punto PM 11

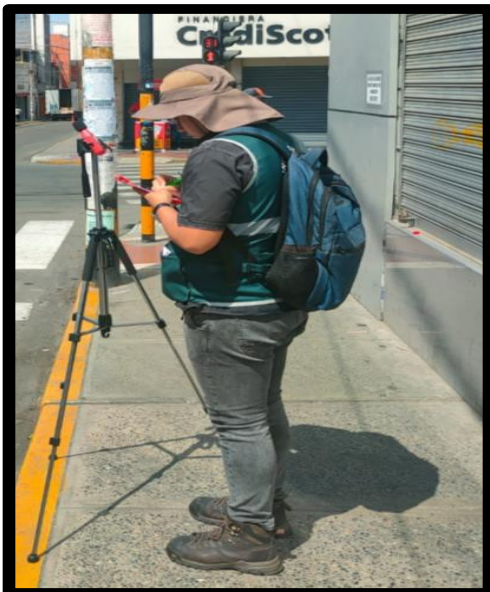


Figura 19

Monitoreo de ruido y aire nocturno en el punto PM 19

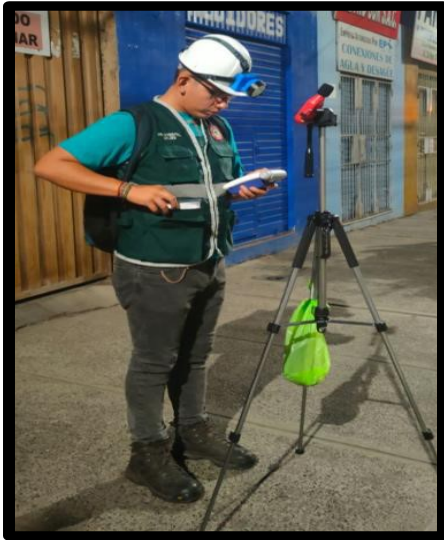


Figura 20

Monitoreo de ruido y aire nocturno en el punto PM 10

