

# Ruido Ambiental en el Centro de Medellín 2002

Recibido para evaluación: 29 de Abril de 2003  
Aceptación: 20 de Junio de 2003  
Recibido versión final: 21 de Julio de 2003

Julian Bedoya V.<sup>1</sup>  
Alexander Correa E.<sup>2</sup>

## RESUMEN

El centro de Medellín en una área 2 km x 2 km fue caracterizado en sus niveles de ruido por medio de 6400 datos tomados en una malla de 160 cuadriculas de 154 m de lado, con 40 datos tomados en cada cuadrícula. El muestreo se realizó en 10 días, con mediciones simultáneas en cuatro zonas seleccionadas al azar y con cubrimiento de cuatro franjas horarias (7:00 - 9:00 AM, 9:30 - 11:30 AM, 12:00 AM - 2:00 PM, y 5:00 - 7:00 PM). La zona comprendida entre calles 44 y 49 y entre carreras 40 y 49 se identificó como la más ruidosa con ruido promedio de 74 dBA (decibeles en escala A). Los cuatro lugares más ruidosos se estudiaron en forma continua durante 48 horas por medio de un dosímetro. Los resultados de la autocorrelación permitieron el uso de geoestadística en la elaboraron de isófonas en las cuatro franjas. Con esta información y la superposición del mapa físico de la ciudad se evidencia la alta correlación que existe entre el flujo vehicular y el ruido en las avenidas principales (La Avenida Oriental, Calle San Juan, Avenida del Ferrocarril, Bazar de los puentes, Glorieta de la Minorista). El centro de Medellín es ruidoso y no cumple con la normatividad vigente en Colombia. La metodología propuesta basada en geoestadística y diseño experimental es una metodología viable y completa para la gestión del ruido urbano.

**PALABRAS CLAVE:** Ruido Urbano, Isófonas, Geoestadística, Diseño Experimental, Ruido Ambiental, Muestreo de Ruido, Regulaciones de Ruido.

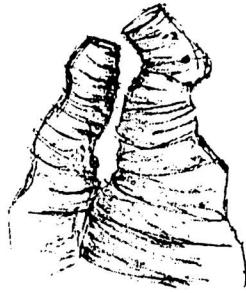
## ABSTRACT

A total of 6400 noise measurements were taken in downtown Medellín, a 2km x 2km area to characterize noise levels. The area was divided into a grid of 160 blocks with a length 154 m each; 40 measurements were taken in each block. Sampling was conducted for 10 days, with simultaneous measurements in four sampling zones selected randomly and with coverage of four sampling periods (7:00 - 9:00 AM, 9:30 - 11:30 AM, 12:00 AM - 2:00 PM, y 5:00 - 7:00 PM). The zone between 44<sup>th</sup> and 49<sup>th</sup> streets and between 40<sup>th</sup> and 49<sup>th</sup> avenues has the maximum average noise level with 74 dBA (decibels in scale A). Four of the noisiest sites were measured during 48 hours continuously by usage of a dosimeter. Auto correlation results allowed use of Geostatistics to built isophones for the four time periods. Isophones plots overimposed on physical layout of the city shows a good correlation between high noise levels and heavy traffic through main avenues (Avenida Oriental, Calle San Juan, Avenida del Ferrocarril, Bazar de los Puentes, Glorieta de la Minorista). Medellín is a noisy city that does not meet existing national regulations. The proposed methodology based on Geostatistics and experimental design is a feasible and comprehensive approach to manage urban noise.

**KEY WORDS:** Urban Noise, Isophones, Geostatistics, Experimental Design, Environmental Noise, Noise Surveys, Noise Regulations.

1. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, AA 1027, Medellín, Colombia. Teléfono 574-425 5209. [jbedoya@unalmed.edu.co](mailto:jbedoya@unalmed.edu.co)

2. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, AA 1027, Medellín, Colombia. [alcorrea@unalmed.edu.co](mailto:alcorrea@unalmed.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

El ruido urbano en Medellín es problemático, pues no existe una cultura por mantener un nivel de ruido moderado en las actividades callejeras ni por la comunidad ni por las autoridades. Periódicamente las universidades locales y las autoridades municipales y regionales han realizado estudios puntuales de ruido pero el sustento metodológico ha sido más bien la reglamentación nacional incipiente que el desarrollo de una propuesta propia. Por estas razones el estudio de la contaminación por ruido en la ciudad de Medellín ha llamado el interés de un grupo de profesores y estudiantes en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Allí se han realizado varias investigaciones alrededor del tema durante los últimos años (Bedoya, 1995, 1998; Correa et al., 2002). Esta presentación da a conocer los resultados de un estudio amplio acerca de niveles de ruido en el centro de Medellín realizado por la Escuela de Ingeniería de la organización de la Universidad Nacional de Colombia. El centro comprende un área amplia en donde se encuentran zonas comerciales, zonas residenciales y zonas de tranquilidad; fácilmente se pueden identificar escuelas, hospitales y residencias en calles de gran afluencia vehicular, sometidas a altos niveles de ruido que la metodología propuesta nos puede revelar.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto de investigación es evaluar los niveles de ruido en el centro de la ciudad de Medellín, área comprendida entre la Avenida del Ferrocarril, Calle San Juan y Avenida Oriental. Se seleccionará un área aproximada a un cuadrado de 2 km. x 2 km., que cubre básicamente la zona amarilla o anillo central de la ciudad.

Los objetivos específicos planteados son:

- Realizar la medición de ruido siguiendo un diseño experimental que cubra toda el área en cuadriculas de 200 m x 200 m del centro de la ciudad de Medellín, área definida en el objetivo general.
- Establecer las líneas de igual nivel de ruido (isófonas) identificando las áreas críticas. Evaluar la relación entre tráfico vehicular y niveles de ruido para las vías cubiertas en el estudio.
- Desarrollar técnicas de muestreo geoestadístico para lograr el máximo de información con el mínimo costo que sirva para evaluar la calidad ambiental por ruido en zonas urbanas.
- Utilizar el Diseño experimental y la Geoestadística para lograr el máximo de información con el mínimo de costos.
- Divulgar estas técnicas en el país para desarrollar la eficiencia en los estudios ambientales.

Este trabajo pretende convertirse en una guía metodológica para la realización de mapas de ruido que serán exigidos para ciudades con una población superior a los 500.000 habitantes por la nueva reglamentación.

## 3. CONCEPTOS BÁSICOS

El ruido urbano se genera fundamentalmente por el tráfico vehicular. Según el Laboratorio de Investigación de Carreteras (1980) este ruido es de banda ancha. En la mayoría de los casos el nivel de ruido se mide en decibeles escala A -dBA- utilizando un sonómetro. Este instrumento promedia los aportes de cada una de las frecuencias del espectro; se pierde así parte de la información, por ejemplo, el ruido de una motocicleta es más molesto que el de un bus. A diferencia del sonómetro que proporciona valores instantáneos de ruido, los cuales se deben registrar manual o digitalmente para el análisis, el dosímetro procesa los niveles de ruido y proporciona resultados estadísticos para un período dado, normalmente 8 horas.

Algunos de los factores que influyen en el nivel de ruido urbano son:

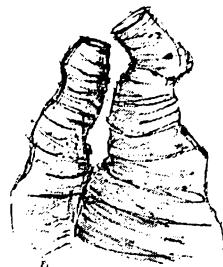
- **Volumen de Tráfico.** Es lógico pensar que mientras se aumente el volumen de tráfico en una calle cualquiera, también se aumenta el nivel de presión sonora. Esta aseveración es cierta parcialmente, dado que si el volumen de tráfico sobrepasa 1200 vehículos por hora no se incrementa el ruido debido a que la congestión disminuye las velocidades y por tanto el ruido.
- **Composición del Tráfico.** El tráfico de vehículos pesados incrementa en forma significativa el ruido urbano. La diferencia entre el ruido de autos y camiones se acentúa en las pendientes y paradas. Según el Laboratorio de Investigación de Carreteras (1980), una vía urbana con tráfico de 1200 vehículos por hora puede alcanzar un nivel de ruido medio de 69 dBA cuando el 20 % de los vehículos son camiones; este nivel aumenta aproximadamente 7 dBA cuando los camiones aumentan al 50 %.
- **Efectos de la velocidad.** A grandes velocidades, el ruido de neumáticos y aerodinámico cobra tanta importancia como el ruido de motor.
- **Intersecciones de carreteras y cruces de peatones.** La presencia de intersecciones viales y cruces peatonales hacen que las velocidades del tráfico generen fluctuaciones que hacen aumentar el ruido. Por ejemplo los cambios de velocidad de los vehículos en las intersecciones o glorietas, muy comunes en las urbes, pueden generar ruidos que a veces superan los 90 dBA.
- **Pendiente de la carretera.** Las pendientes muy pronunciadas fuerzan el trabajo de los motores o incrementan el uso de frenos que en general se reflejan en un incremento de los niveles de ruido.
- **Ancho de Vías.** En carreteras angostas y rodeadas de edificios ocurre el efecto cañón, que propaga el ruido más fácilmente y se puede aumentar 6 dBA por encima del promedio.
- **Superficie de la carretera.** Carreteras ásperas proporcionan más ruido que las carreteras de superficies lisas.

El control de ruido urbano es un gran reto para mejorar la calidad de vida de las personas. La investigación que se ha llevado a cabo en el centro de la ciudad de Medellín busca proporcionar propuestas tendientes a mejorar los procesos de control de ruido urbano.

#### 4. ESTUDIOS DE RUIDO URBANO EN MEDELLIN

El ruido ambiental ha sido objeto de estudio en la ciudad de Medellín desde hace varias décadas. Muchos trabajos y proyectos se han desarrollado en zonas críticas para cuantificar y realizar diagnósticos sobre los niveles de presión sonora, generados por la concentración de la actividad industrial y el tránsito automotor.

Los estudios pioneros de ruido urbano han sido realizados por investigadores de la Universidad Pontificia Bolivariana. Acevedo et al. (1978) encontraron en 18 cruces del centro de Medellín valores promedios mayores a 75 dBA durante el día. Las mediciones se hicieron en las siguientes bandas horarias de 7:00 a 10:00 AM, luego de 11:00 a 2:00 PM, y de 3:00 a 6:00 PM. La tendencia promedio indica un aumento en el flujo vehicular en 10 carros/minuto eleva el nivel de ruido 1.5 dBA. La comparación de los resultados con los límites permisibles en otros países para zonas comerciales, concluye que la situación es preocupante. Posteriormente, Aristizábal et al. (1980) realizaron mediciones de ruido en zonas de alto tráfico vehicular. Los resultados obtenidos no evidenciaron correlación representativa entre los niveles de ruido y el tráfico automotor. En estos casos el efecto cañón o la influencia de las características físicas de encerramiento serían la mejor explicación a los altos niveles de ruido encontrados. (Montoya et al., 1982) comparan niveles de ruido en carreteras y en el centro de Medellín, siendo estos últimos más bajos que los de las carreteras. Seguramente el factor velocidad juega un rol importante en esta situación.

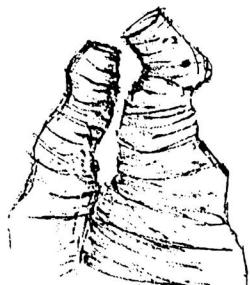


Ardila y Zapata (1994) le hicieron un seguimiento al problema del ruido en el centro con mediciones en cruces viales distribuidos en zona residencial, industrial, comercial y de tranquilidad. Las mediciones se realizaron en días hábiles para los períodos comprendidos entre: las 7:00 AM y 8:30 AM, 9:00 AM y 11 AM, 3:00 PM y 5:00 PM, 5:30 PM y 7:00 PM. Los resultados mostraron un valor promedio máximo de 84 dBA en la zona comercial del centro de Medellín (Av. Oriental x La Playa). Debido a que el flujo vehicular en este cruce fue menor al del punto seleccionado en el sector de la Alpujarra, se concluyó que otras variables de tránsito, tales como, velocidad de recorrido, distribución vehicular entre otras así como las características físicas de la zona (pendientes, encerramientos, etc.), influyen fuertemente sobre el nivel de ruido.

Con el inicio de las operaciones del tren metropolitano, Gallego y Salazar (1996) realizaron un estudio para conocer el impacto producido por este sistema de transporte sobre los niveles de ruido ambiental. Para esto, se evaluaron 16 sectores de la ciudad de Medellín, diez en la línea A y seis en la línea B, totalizándose 48 puntos en horario diurno y 18 en horas de la noche. De este estudio, fue posible concluir que el sistema Metro no contribuye significativamente sobre los altos niveles de ruido encontrados en el centro de la ciudad de Medellín. Sin embargo, en sectores residenciales, la contribución del Metro en el nivel de ruido resultó apreciable.

Cardona y Guzmán (1999) realizaron mediciones de ruido en el centro de Medellín, con el propósito de evaluar los efectos del Plan Fronteras (plan desarrollado por el transito de Medellín para la reubicación del flujo de transporte urbano). Para el estudio se consideraron solamente días hábiles (incluyendo sábados) y el área de influencia de las nuevas normas de tránsito. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta datos de flujo vehicular con la red de aforos de 1997. Los monitoreos se realizaron por períodos de 12 horas, divididos en lapsos de seis horas continuas. Los horarios de interés estuvieron comprendidos entre las 6:30 de la mañana y 7:30 de la noche (abarcando horas pico y tránsito normal). La frecuencia de los muestreos fue de un dato cada treinta minutos. Los resultados mostraron un leve incremento en el nivel de ruido respecto a los estudios anteriores, siempre con promedios por encima del límite permitido.

## 5. NORMATIVIDAD DE RUIDO EN COLOMBIA



Las normas legales para el control de ruido están contenidas en la Resolución 08321 de 1983 del Ministerio de Salud, en la cual se regula la emisión de ruido en zonas urbanas y en lugares de trabajo y en el decreto 948 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente, en el cual se establecen los límites de emisión de ruidos según sectores. A estas normas les falta para convertirse en una *norma completa*, ya sea por la cantidad de aspectos que se quedan sin tener en cuenta o por la poca aplicabilidad que hasta ahora han tenido sus contenidos.

Las normas definen el ruido urbano, las fuentes de emisión: establecimientos públicos, discotecas, negocios, locales comerciales, aeropuertos, helipuertos, actividades de construcción. Se reglamenta la utilización de silbatos, sirenas, timbres, plantas eléctricas auxiliares, y el funcionamiento de vehículos, etc. Lo que queda un poco confuso es quienes son los responsables de su cumplimiento, y por ende el mantenimiento y conservación de los derechos de los ciudadanos. Falta la tassatividad que debe caracterizar a toda norma sobre quienes son responsables de su ejecución. Parte fundamental para la protección ambiental en materia de ruido es la conciencia que la población tenga, ya que las múltiples actividades que se llevan a cabo en los núcleos habitados conllevan problemas de contaminación acústica que causan molestias a los ciudadanos, quienes pueden ver afectados su intimidad y bienestar. Por tanto no basta con la existencia de la ley, sino que es necesario su difusión y promoción.

Las normas colombianas usan un lenguaje difícil de comprender, los artículos se resumen dejando muchos temas por fuera (comportamiento de los ciudadanos, la economía informal). Una dificultad para definir la contaminación acústica urbana y en especial en Medellín es la falta de una clara diferenciación territorial de los usos del suelo. Medellín no se distribuye en zonas exclusivamente comerciales, industriales o residenciales, pues lo común es encontrar una mezcla de estos sectores con escuelas y hospitales debido a un desarrollo urbano no planificado. La clasificación de niveles

de ruido permisibles se complementar con parámetros claros para ponderar el estándar a aplicar en las diferentes zonas, relacionando franja horaria (diurna o nocturna), tipo de actividad y la cercanía a la zona afectada, ya sea residencial u hospitalaria.

La clasificación de usos del suelo se encuentra en el Plan de Ordenamiento Territorial de cada ciudad. Para Medellín este plan esta regido por le Acuerdo 62 de 1999. En este plan la clasificación de uso se divide en uso urbanístico, espacio publico de centralidad barrial, de Equipamiento, áreas de interés cultural, entre otras, las cuales no coinciden con la usada en la normatividad ambiental y establecer su equivalencia resulta dispendioso y complicado.

Existe una propuesta el Ministerio del Medio Ambiente para complementar y actualizar la normatividad Colombiana en materia de ruido. Este borrador peca de un alto grado de tecnicismos, pero amplia las consideraciones y restricciones en cuanto a emisión de ruido. Un aporte importante es la elaboración del Plano de Ruido para ciudades de más de 500.000 habitantes. El plano mencionado será a escala 1:20.000 y deberá contener por lo menos la siguiente información:

1. Las actividades y fuentes generadoras de ruido;
2. Las normas de ruido aplicable en las zonas de las áreas señaladas en los planos;
3. Los horarios de ruido permitidos, y las horas de mayor generación de ruido.

Las normas colombianas de ruido reflejan un consenso con otras vigentes en Hispanoamérica en zonificación y niveles permisibles, restricciones en hospitales, carreteras o en la realización de espectáculos públicos (Tabla 1). Es interesante la identificación de los responsables del cumplimiento de las normas de ruido y de su cumplimiento: la alcaldía, la contraloría municipal, la policía, los habitantes organizados en los consejos y asociaciones vecinales. Cada ordenanza es una muestra de conciencia ambiental por parte de los gobiernos municipales, con la intención que no se quede solo en el papel y se asuma como parte de la cultura ciudadana.

Usos del Suelo	COLOMBIA <sup>1</sup>		PERÚ <sup>2</sup>		ESPAÑA <sup>3</sup>		CHILE <sup>4</sup>	
	DIA	NOCH E	DIA	NOCH E	DIA	NOCH E	DIA	NOCH E
Zona residencial	65	55	60	50	55	45	55	45
Comercial	70	60	70	60	65	55	65	55
Industrial	75	75	80	70	70	60	70	70
Tranquilidad-hospitales	45	45	50	40	50	40		
Espectáculos Aire libre	—	—	—	—	80	75		
Infractruktura Vial								

PERIODO DIURNO: 7:01 AM a 9:00 PM PERIODO NOCTURNO: 9:01 PM a 7:00 AM

Tabla 1.  
Cuadro comparativo en niveles de ruido (dBA)

## 6. METODOLOGÍA DEL MUESTREO

Para este muestreo se recurrió a un diseño experimental multifactorial que abarca un área de 2000 m de ancho por 2000 m de largo en el Centro de Medellín. El área de estudio conforma un rectángulo de 12 columnas y 13 filas con 4 cuadriculas adicionales en la zona residencial de Carlos E. Restrepo. Se obtiene así 160 cuadriculas de 154 m de lado cada una (Figura 1). Diecisésis cuadriculas se agrupan en una zona para un total 10 zonas de estudio (Figura 2). Antes de iniciar los muestreos se hace un recorrido detallado de la zona y se identifican los sitios específicos del centro de cuadrícula donde se harán las mediciones, una de las condiciones requeridas para tratamiento geoestadístico de los datos.

1 . Resolución 08321 de 1983 del Ministerio de Salud

2. Normas legales para el control de ruido, Perú, 1999.

3. Consejería del Medio Ambiente y Desarrollo Regional, DECRETO 78 DE 1999, Madrid, España. Consultado Septiembre de 2002/ www.ruidos.org

4. Ordenanza municipal del Callao Nº 0005, 1994. Chile.

La toma de datos se realiza durante 10 días con cuatro observadores que recorren cada uno las 160 cuadrículas del área completamente. La ubicación del observador es en el centro de la cuadrícula correspondiente y simultáneamente con sus colegas de otras zonas registra minuto a minuto durante 10 minutos los datos de ruido (dBA) que dan para la cuadrícula el sonómetro debidamente calibrado. Luego se desplaza a otra cuadrícula en forma sistemática pero con un recorrido aleatorio seleccionado previamente. El muestreo se inicia a las 7:00 AM y termina con el cubrimiento de la zona a las 7:00 PM. Este diseño contempla la toma de 6400 mediciones o lecturas de nivel de ruido.

Se utiliza un muestreo estratificado que es una combinación de diseños que tiene en cuenta las diferencias que se presentan entre los grupos poblacionales (zonas) y las similitudes al interior de cada uno de ellos. Se definen diez zonas o estratos según su actividad residencial, comercial, institucional, administrativa y judicial, características tan diferentes que merecen una consideración en forma separada que es lo que le da la eficiencia al plan de muestreo. Finalmente dado que ninguna de las zonas se encuentra vacía y que cada zona tendrá 640 datos, se pueden realizar inferencias acerca de cada una de ellas con seguridad y validez. Se podrán identificar con mayor precisión las zonas de mayor nivel de ruido entre las estudiadas y plantear un segundo estudio que recoja información continua y que sirva para definir pautas de acción aplicables al resto de la población. En este diseño experimental multifactorial se tiene como factores el sonómetro (operadores 1, 2, 3, y 4) y la zona (cuatro diferentes cada día, zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10), y las franjas horarias (1 {7:00 – 9:00 a.m.}, 2 {9:30 – 11:30 a.m.}, 3 {12:00 m. – 2:00 p.m.} y 4 {5:00 – 7:00 p.m.}). El plan de muestreo se realiza en varias etapas; definidas así:



- **Etapa de Preparación.** De acuerdo con el aforo vehicular de Medellín hecho en 1997, se definen cuatro franjas horarias de dos horas de duración cada una. Tres para mayor tránsito (7:00 - 9:00 a.m., 12:00 m. - 2:00 p.m., 5:00 – 7:00 p.m.), y una de control (9:30 - 11:30 a.m.) con el fin de comparar horas picos y horas de bajo flujo vehicular. Identificada el área de estudio y las zonas, se definió una segunda subdivisión en cuadrículas de 154 m x 154 m cada una que permitiera realizar mejor el muestreo. Cada zona contiene dieciséis cuadrículas que se recorren de a cuatro en cada franja horaria y permite recorrer toda la zona en el día. Se define el punto central en cada una de las cuadrículas como punto para la toma de muestra.
- **Etapa de Reconocimiento.** En esta etapa se recorre toda el área con los auxiliares de investigación para el reconocimiento de todos los puntos en los cuales se realizará la toma de la muestra. Se procura localizar un punto central a la cuadrícula que se el mismo para cada uno de los observadores y resolver conflictos especiales de la misma forma.
- **Etapa Inicial de Muestreo.** Comprende el muestreo amplio con sonómetros y que se desarrolló en toda el área de estudio durante diez días, entre el 26 de Septiembre y el 4 de Octubre de 2002. Se realizó un muestreo diario de cuatro zonas (una por operador) y cubriendo en cada franja horaria cuatro cuadrículas. Cada zona se muestrea cuatro veces durante el periodo de estudio y cada cuadrícula es estudiada en todas las franjas horarias.
- **Segunda Etapa de Muestreo.** Esta etapa comprende un seguimiento con dosímetro en cuatro puntos seleccionados a partir del análisis de la información obtenida en el muestreo amplio. Los sitios de mayor nivel de ruido se seleccionan y se muestrean con el dosímetro, calibrado cada día de observación, durante cuarenta y ocho horas continuas y su información recopilada cada ocho horas. Esta etapa se realizó durante días hábiles entre el 01 y el 13 de Noviembre de 2002, con la ubicación del equipo durante 48 horas en cada uno de los puntos y con revisiones periódicas cada ocho horas.



Figura 1.  
División del área de estudio en 160 cuadriculas (cruzadas por diagonales)

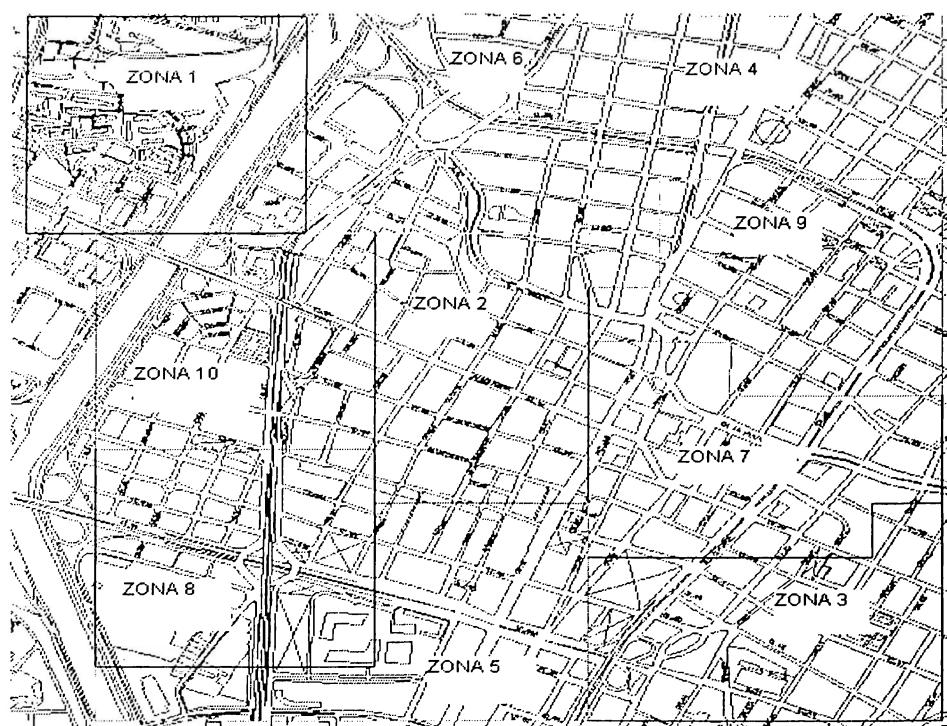


Figura 2.  
Delimitación de las 10 zonas de muestreo

## 7. RESULTADOS PARA EL CENTRO DE MEDELLIN

Los promedios de ruido en el Centro de Medellín para Octubre 2002 se presentan en la Figura 3. La Figura 4 identifica niveles altos de ruido (cerca a 73 dBA) para el período horario de 5:00 a 7:00 PM. No son muy diferentes a los niveles de ruido de otras franjas horarias con valores cercanos a 71 dBA. Las zonas comerciales e industriales tienen niveles de ruido por encima de 70 dBA y la Zona 1 Residencial es solo llega a 65 dBA (Figura 5). En estas figuras "level" significa ruido en dBA, "means" es promedio y "confident interval LSD" es el intervalo de confianza al 95% para el nivel de ruido, "day period" es franja horaria, "zone" es zona y "V. Flow" es flujo vehicular.

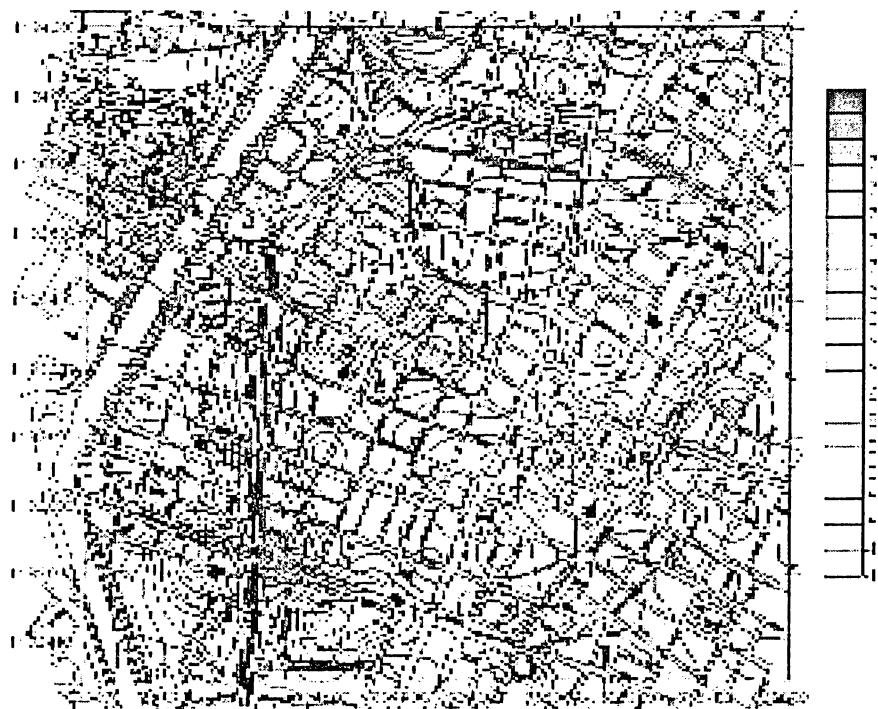


Figura 3.  
Isófonas de valores medios de ruido para el Centro de Medellín

La Figura 6 muestra una fuerte correlación entre los niveles de ruido y el flujo vehicular. El flujo vehicular se clasificó en tres categorías para el muestreo:

- A: Tráfico pesado de 4000 a 7000 carros/hora
- B: Tráfico medio de 2000 a 4000 carros/hora
- C: Tráfico liviano de 1000 a 2000 carros/hora

Los niveles de ruido más altos en cada factor (franja horaria, y zona-cuadrícula y zona) se presentan en la Tabla 2. Este análisis sirve para identificar los puntos o las horas críticas. La Figura 7 grafica los resultados de la interacción de segundo orden zona versus franja horaria.

Grafica de Medias e Intervalos de Confianza del 95%

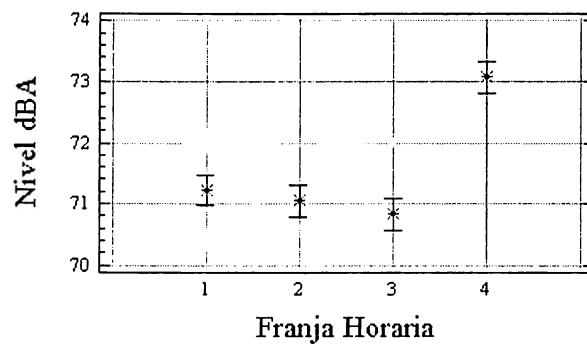


Figura 4.  
Niveles promedios de ruido por período diario de muestreo

Grafica de Medias e Intervalos de Confianza del 95%

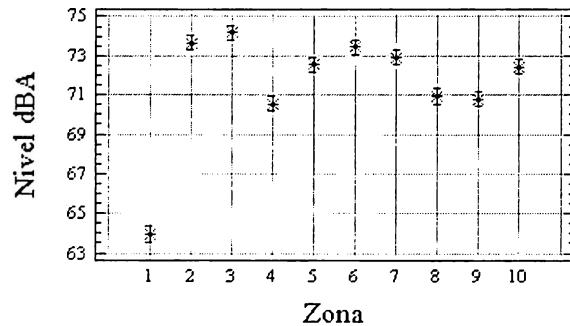


Figura 5.  
Niveles Promedios de Ruido por Zonas

Medias e intervalos de confianza del 95 %

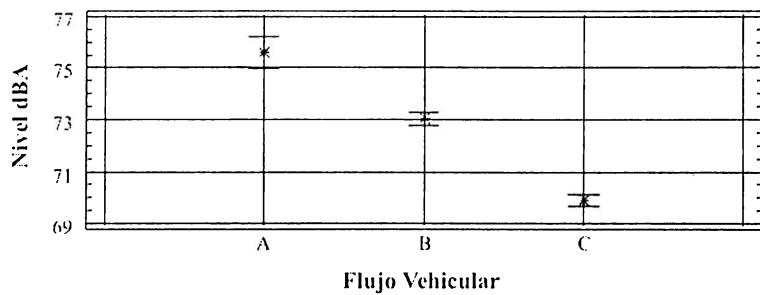


Figura 6.  
Niveles Promedios de Ruido por el Factor de Tráfico

Gráfica de Interacción

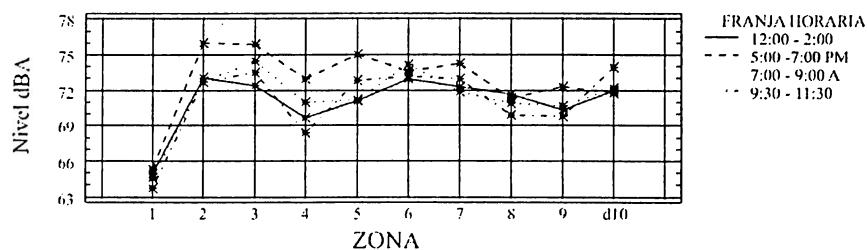
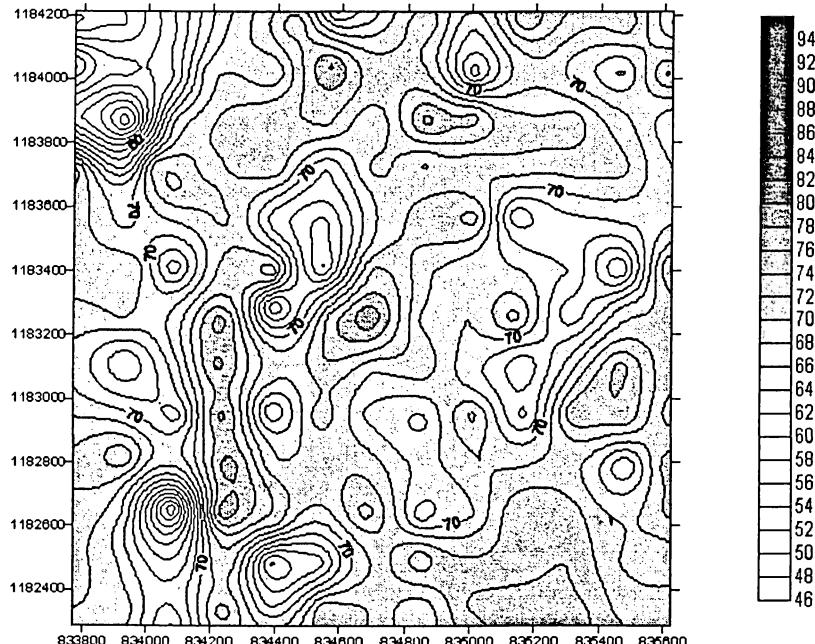


Figura 7.  
Promedios de niveles de ruido en interacción zona-franja horaria

*Tabla 2.*  
Niveles de ruido más altos en  
cada factor.

FACTOR	Nivel	Nivel de Ruido Db(A)	OBSERVACIÓN
FRANJA	5:00-7:00 PM	72.85	
	1-10	74.44	Carrera 64B Diag 63
	2-8	81.38	Carrera 54 #50-26
	3-10	79.40	Oreja de la Oriental a San Juan
	4-3	76.90	Estación Prado.
	5-12	81.13	Carrera 52 #50-14 S
	6-10	79.65	Puerta Fatelares, parada buses
	7-8	76.14	Almacén Trujillo: Palo x Playa
	8-6	82.19	Glorieta San Juan Ferrocarril
	9-14	75.19	Puente peatonal Villanueva
ZONA-CUADRÍCULA	10-12	76.69	Calle 50 #56B-26
	ZONA	3	74.08

En las figuras 8 a 11 se detallan las isófonas por períodos de muestreo y resaltan los altos niveles de ruido presente en casi toda el área y durante casi todo el tiempo. La normas colombianas de nivel de ruido no se cumplen en el área de estudio (zonas comerciales deben ser máximo 75 dBA en el día y 65 dBA en la noche).



*Figura 8.*  
Distribución Espacial del Ruido  
promedio para el Período 7:00-  
9:00 a.m.

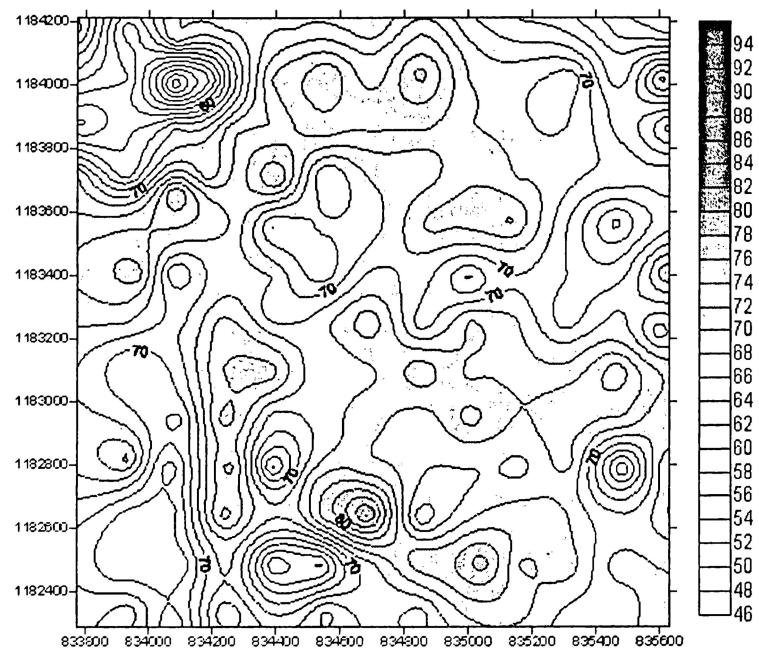


Figura 9.  
Distribución Espacial del Ruido promedio para el Período 9:30-11:30 a.m.

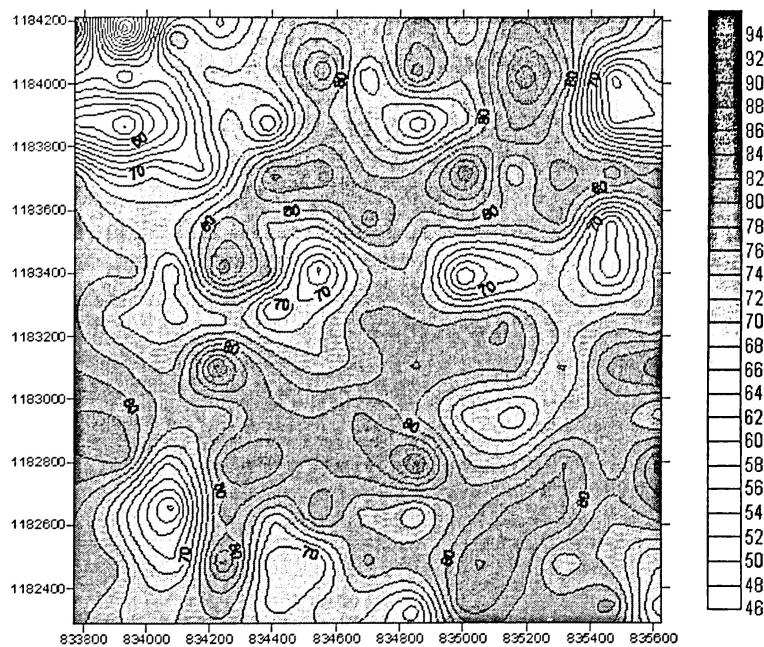
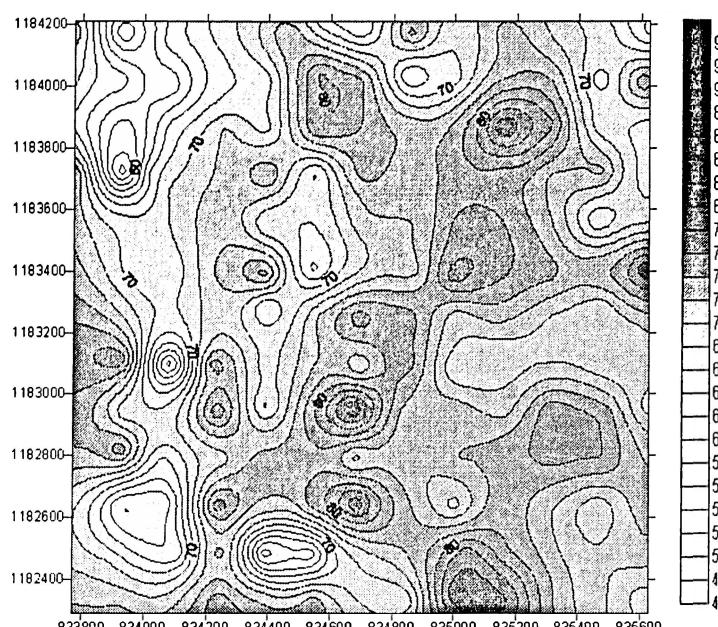


Figura 10.  
Distribución Espacial del Ruido promedio para el Período 12:00-2:00 p.m.



*Figura 11.  
Distribución Espacial del Ruido  
promedio para el Periodo 5:00-  
7:00 p.m.*

## 8. INFORME DEL ESTUDIO CON DOSÍMETRO

Para el muestreo con dosímetro se seleccionaron puntos de alto nivel de ruido con base en los resultados del muestreo inicial, con el fin de ubicar allí el equipo para muestreo continuo durante cuarenta y ocho horas. Estos resultados servirían para validar los resultados del muestreo estadístico inicial amplio. En la Tabla 3 se detallan las cuadriculas seleccionadas para el estudio con dosímetro, con dirección y sitio de ubicación del equipo. Las mediciones se realizaron durante cuarenta y ocho horas consecutivas en cada uno de los puntos seleccionados con revisiones periódicas cada ocho horas (6:00 a.m., 2:00 p.m. y 10:00 p.m.), para verificar el funcionamiento del equipo y recolección de la información.

*Tabla 3.  
Zonas-cuadriculas de muestreo  
con dosímetro*

ZONA- CUADRICULA	DIRECCION	LUGAR
2 – 8	1. Cra. 54 N° 50 - 58	Hotel Manzanares
3 – 9	2. Cra. 45 N° 46 - 09	Hotel Casa Real
5 – 12	3. Cra. 52 N° 44 - 70	Pasaje Comercial Cisneros
6 – 10	4. Cl. 60 N° 56 - 77	Fatelares S.A.

Para realizar estas mediciones se utilizó un dosímetro marca Quest, modelo Micro-15 con código de registro 724; lo cuál significa que el nivel crítico se fija en 70 dB (A) para 8 horas con un límite máximo de 80 dB (A) y un límite crítico de sobrecarga de 90 dB (A); un rango de medición entre 40 y 146 dB (A) que establece la equivalencia de exposición al ruido continuo a través del cual se comparan los límites permisibles. En la Tabla 4 se realiza un breve resumen sobre los resultados obtenidos en cada uno de los cuatro puntos seleccionados para el estudio con dosímetro.

De acuerdo con la norma Colombiana para niveles de ruido en zonas comerciales -como se han definido para los sitios de muestreo con dosímetro- todas presentan niveles de ruido superiores a lo permitido y en diversas ocasiones muy por encima de lo esperado para zonas comerciales. Se observa además que la superación en los niveles de ruido se presenta incluso en horas nocturnas,

cuando el flujo vehicular de la ciudad disminuye de manera considerable. Se debe tener en cuenta que todos los puntos seleccionados para el estudio con dosímetro están directamente relacionados con vías de alta circulación a lo largo del día.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La metodología y el procedimiento de muestreo se identifica como una herramienta poderosa para las exploraciones profundas sobre los problemas de ruido urbano con una alta eficiencia para el cubrimiento de amplias zonas.
- Los niveles de ruido en el centro de Medellín para las ocho horas diurnas estudiadas es muy alto sin exceder exactamente la norma colombiana sobre ruido urbano, pero si se encuentra que la norma nocturna no se cumple y que ciertos usos como residencias, instituciones educativas y hospitalares tendrían requisitos especiales en su construcción para poderse establecer.

Dirección	Hora	Nivel Ruido	Ruido Pico	Máximo Lento	Expos > 85dBA	Tiempo Obsevado
Cra. 54 N° 50-58	a.6 – 2	78.1	84.0	81.0	0:0	7:50.1
	b.6 – 2	76.4	87.0	81.7	0:0	7:52.3
	a.2 – 10	69.3	86.6	79.5	0:0	8:10.0
	b.2 – 10	63.3	86.6	81.7	0:0	7:50.7
	a.10 – 6	73.9	88.1	83.6	0:0	7:55.8
	b.10 – 6	71.3	83.6	79.8	0:0	8:16.0
	Promedio	72.1	86.0	81.2		
Cra. 45 N° 46-09	a.6 – 2	61.2	79.8	71.6	0:0	8:04.0
	b.6 – 2	59.0	78.0	66.7	0:0	8:12.1
	a.2 – 10	56.4	73.5	65.6	0:0	7:54.8
	b.2 – 10	72.9	73.1	66.3	0:0	7:50.8
	a.10 – 6	55.2	73.8	65.6	0:0	8:01.2
	b.10 – 6	55.2	74.2	63.7	0:0	8:10.4
	Promedio	60.0	75.4	66.6		
Cra. 52 N° 44 -70	a.6 – 2	70.4	109.1	97.1	0:29	7:51.2
	b.6 – 2	80.2	105.3	97.1	0:17	7:42.8
	a.2 – 10	66.4	106.5	100.8	1:48	8:10.2
	b.2 – 10	60.4	69.9	67.4	0:13	8:03.6
	a.10 – 6	71.6	98.6	90.7	0:1	8:01.3
	b.10 – 6	73.5	86.7	73.6	0:5	8:15.6
	Promedio	70.4	96.0	87.8		
Cl. 60 N° 56 – 77	a.6 – 2	63.4	116.6	104.2	1:02	7:59.0
	b.6 – 2	78.0	91.5	79.1	0:45	7:44.2
	a.2 – 10	66.5	62.2	99.7	3:53	8:08.4
	b.2 – 10	75.5	80.2	75.7	0:0	8:11.1
	a.10 – 6	71.0	100.5	92.2	0:27	7:54.7
	b.10 – 6	74.3	88.1	84.7	0:0	7:59.1
	Promedio	71.5	89.9	89.3		

- a. Primera observación para cada sitio ya sea dc 6 am a 2 pm, o dc 2pm a 10 pm,  
b. Es la segunda observación en los mismos períodos

Tabla 4.  
Resumen del muestreo con dosímetro

- Los niveles de ruido encontrados en el centro de Medellín en todos los períodos diurnos observados son muy altos, pero se concentran alrededor de los corredores viales. Las autoridades municipales y ambientales deben tomar medidas serias en controlar este flagelo de la comunidad expuesta al ruido. Restricción del flujo vehicular y sobre todo control en los niveles de ruido emitidos por vehículos, motos, pregoneros, altoparlantes.
- Las autoridades ambientales y de la ciudad deben diseñar un programa de monitoría ambiental del ruido que permite calcular los promedios anuales y el porcentaje de tiempo que las normas se exceden en los sitios más sensibles (Centro de Medellín, Aeropuerto Olaya Herrera).

- Diseñar un plan maestro de disminución de ruido en la ciudad y en especial en el centro. Las normas de control de ruido para construcciones, vehículos, motocicletas, ventas callejeras, aislamiento acústico de edificios se deben aplicar oportuna y adecuadamente. El programa de monitoría servirá para hacerle seguimiento a la efectividad de las normas que se implementen dentro del plan maestro de control de ruido.
- Diseñar un sistema de atención de quejas de la comunidad para resolver problemas puntuales y hacerle seguimiento al desarrollo del plan maestro de reducción de ruido.

## 10. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia por Medio del fondo de investigaciones financió este estudio y nos concedió el tiempo apropiado para realizar el trabajo.

En la ejecución del trabajo contamos con la colaboración de la policía metropolitana de Medellín que nos presto apoyo logístico de seguridad. La autoridad Ambiental de Medellín nos facilitó cartografía de la ciudad.

Eva Cristina Manotas estudiante de posgrado de estadística coordinó el grupo de estudiantes de Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional (Paula Palacio, Javier Cataño, Erotida Toro, Alexandra Giraldo, y Lina Gallego) que trabajaron como asistentes de investigación.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, J.F., Yepes, C. y Posada, E., 1978a. El Ruido y su Relación con el tráfico en el Centro de Medellín en Contaminación Ambiental, No. 4, CIDI, UPB, Medellín. pp. 26-34.
- Acevedo, J., 1978b. El Ruido y su Relación con el Tráfico en el Centro de Medellín. Informe de Investigación. Universidad Pontificia Bolivariana. CIDI.
- Ardila, M. y Zapata, A., 1994. Diagnóstico de la Contaminación por Ruido en la Ciudad de Medellín. Tesis de Pregrado. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Arias, Á. y Manjarres, A., 1999. Estudio sobre contaminación ambiental en el laboratorio de recursos forestales. Tesis de grado. Universidad Nacional Sede Medellín" Universidad Nacional Sede Medellín.
- Aristizábal, M. Ceballos, E. y Jaramillo, R., 1980. Mediciones de Ruido en el Tráfico Automotor. Tesis de grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica,
- Bedoya, J., 1995. Estudio de Impacto ambiental por Ruido del Terminal Aéreo del Aeroparque Olaya Herrera de Medellín. Informe final contrato CONS-067-95. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Cardona, L. y Guzmán, C., 1999. Evaluación de la Reducción de Emisiones Contaminantes Atmosféricos por las Nuevas Normas de Tránsito en la Ciudad de Medellín. Tesis de Grado Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Correa, A., Bedoya, J., Gallego, L.M. y Toro, E., 2003. Ruido Ambiental en el Centro de Medellín 2002. Informe de Proyecto de Investigación. Universidad Nacional de Colombia. DIME.
- Correa, A., 2002. Informe de Evaluación del Desempeño de la Barrera Antiruido. Aeropuerto Olaya Herrera Laboratorio de Ingeniería Industrial UN Medellín.
- Gallego, A. y Salazar, M., 1996. Evaluación de la Contaminación por Ruido Producida por el Tren Metropolitano en la Ciudad de Medellín. Tesis de Grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica.
- LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE CARRETERAS, 1980. Parte de: Servicios Públicos y Desarrollo Nacional Vol. 27 No 1-9, España.
- Montgomery, D. C., 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Ibero América.
- Montoya, D., Zapata, C. y Ortega, J., 1982. Contaminación por ruido de Carros. Informe de Investigación Universidad Pontificia Bolivariana.

