

## Notas y Comentarios

### Elaboración de mapas de ruido en el centro histórico de la ciudad de Matanzas, Cuba

### Preparation of noise maps in the historic center of the city of Matanzas, Cuba

Ulises Betancourt Morffis\*  
Yoel Almeda Barrios\*\*

#### Resumen

*El objetivo general del estudio es elaborar los mapas de ruido del centro histórico de la ciudad de Matanzas, Cuba. Se aplicó una metodología de medición y modelación de datos a partir de la cual se obtuvieron cuatro mapas para diferentes horarios del día y uno promedio que muestran las zonas de mayor contaminación sonora. Se concluye que el ruido existente en la mayor parte del área analizada viola lo recomendado por la OMS y lo establecido en la NC 26 de 2012.*

**Palabras clave:** evaluación del ruido, mapas de ruido, contaminación acústica, centro histórico.

#### Abstract

*The general objective of the study is to elaborate the noise maps of the historical center of the city of Matanzas, Cuba. A methodology*

\* Universidad de Matanzas. Dirección: Carretera a Varadero km 3½, Matanzas, Matanzas, Cuba. Correo: [ulises.betancourt@umcc.cu](mailto:ulises.betancourt@umcc.cu) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2877-3171>

\*\* Universidad de Matanzas. Cuba. Correo: [yoel.barrios@umcc.cu](mailto:yoel.barrios@umcc.cu) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3423-4011>

*of measurement and data modeling was applied from which four maps were obtained for different times of the day and an average one showing the areas of greatest noise pollution. It was concluded that the noise existing in most of the area analyzed violates the WHO recommendation and the provisions of NC 26 of 2012.*

**Keywords:** noise assessment, noise maps, acoustic pollution, historic center.

## Introducción

El ruido se identificó, desde tiempos remotos, como perjudicial para el ser humano, pero durante mucho tiempo se consideró como un resultado inevitable de la actividad humana, por lo que fueron escasas las actividades para combatirlo sistemáticamente.

De forma simplificada, el ruido se define como todo sonido no deseado, según los conceptos dados por diferentes autores (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003, p. 13; Comisiones Obreras de Asturias, 2007, p. 7; García Dihigo, 2016, p. 17; Almeda Barrios, 2018, p. 12).

En los tiempos modernos, el ruido no sólo se enmarca en la industria, sino trasciende a otros sectores, como el de servicios, el cual posee vital importancia en determinados países por ser el responsable del ingreso de grandes sumas monetarias, o incluso puede llegar a ser el sustento económico nacional.

En las últimas décadas, a nivel mundial se ha incrementado marcadamente el número de empresas de servicios, las que actualmente superan a las de manufactura (Almeda Barrios, 2018, p. 3).

En el sector servicios se evidencia un amplio crecimiento en la industria del turismo, como lo demuestran las cifras arrojadas por la organización Mundial del Turismo (OMT). En 2018 se registraron 1 400 millones de llegadas de turistas internacionales en el mundo, lo que representó un crecimiento de 6% con respecto a 2017, muy por encima de la previsión a largo plazo de la OMT de 3.8% al año para el periodo de 2010 a 2020. El mayor crecimiento por regiones en 2018 se manifestó en el Oriente Medio, con 10%, y África, con 7%. En Europa y la zona de Asia Pacífico se registró un crecimiento de

6%. En el continente americano el crecimiento fue por debajo de la media, con 3% (OMT, 2018).

Tal fenómeno a nivel global implica el aumento de los niveles sonoros en las zonas turísticas y en las áreas urbanas contiguas a éstas, puesto que está asociado al incremento de las actividades de ocio como discotecas y plazas donde se presentan grupos musicales, así como a la realización de celebraciones y ferias que se multiplican cada día para brindar entretenimiento conforme a las necesidades y expectativas de la creciente demanda, lo que provoca desde efectos negativos a la salud humana, hasta afectaciones al buen funcionamiento organizacional.

Para Cuba el turismo constituye una de sus principales industrias desde la última década del siglo XX, pues es un gran aporte a la economía ya que genera ingresos y empleos, además de que impulsa a otros sectores. Sin embargo, se presenta una situación similar al resto del mundo en cuanto al aumento de los niveles sonoros en tan importante sector.

El ruido hoy en día es un agente perturbador de la vida ciudadana y esencialmente en los grandes centros urbanos y zonas turísticas. Muchas de las actividades productivas y de ocio incluyen procesos que, en mayor o menor medida, liberan energías de distintas formas. El ruido es una de las formas de manifestación de esas energías, el cual puede causar daños fisiológicos, psicológicos y sociales al ser humano.

La preocupación actual por la protección y cuidado del medio ambiente se pone también de manifiesto en la lucha contra el ruido; muestra de ello es la atención que prestan los gobiernos de los países desarrollados al establecer normas que tratan de reducir la contaminación sonora en las ciudades.

En Cuba, hasta diciembre de 2018, se obtuvo un crecimiento acumulado en el turismo de 6%, lo que significó la visita a la isla de 4 millones 700 mil visitantes extranjeros en ese año. Aun cuando inicialmente la meta eran 5 millones de turistas, el destino cubano logró por once años consecutivos implantar récord en este indicador (Izquierdo Ferrer, 2018).

Al igual que en otras naciones, en Cuba el turismo se impulsa sobre la base del aprovechamiento de sus recursos naturales, pero

también se busca incentivar el turismo cultural o histórico para resaltar aspectos característicos de la isla, y permitir conocer y disfrutar al conjunto de rasgos y elementos distintivos, ya sean espirituales, materiales, intelectuales o afectivos, que caracteriza a la sociedad cubana. Los principales lugares de destino de este tipo de turismo son los núcleos históricos, por lo que se requiere en ellos calidad en su entorno, en su urbanismo y en cualquier tipo de equipamientos y servicios complementarios; asimismo, deben estar limpios, ser seguros y estar bien señalizados. Pero también se necesita que exista una buena calidad de vida de los residentes, pues los centros históricos tienen que estar habitados y vivos, no convertidos en museos (Moragas, 1994, p. 19).

El 13 de octubre de 2018, en el marco de la celebración del aniversario 325 de la fundación de Matanzas, la ciudad fue declarada destino turístico por el Ministro de Turismo de Cuba, Manuel Marro. Ello evidencia el interés del gobierno cubano por fomentar sus valores culturales.

San Carlos y San Severino de Matanzas, nombre fundacional de la ciudad, cuenta con una amplia historia entre sus calles desde su fundación, el 12 de octubre de 1693, hasta la actualidad. Se ha caracterizado por contar con un amplio esplendor cultural, por lo que se le denomina la Atenas de Cuba, aspecto que, en conjunto con sus edificaciones e ilustres personalidades, es de interés para personas de todo el mundo.

Desde 2014 se puso en marcha en la ciudad un amplio programa inversionista para el cual se destinaron 160 millones de pesos para rehabilitar más de 1 200 obras, las cuales incluyen edificaciones, monumentos, calles y viviendas.

En la actualidad Cuba realiza grandes esfuerzos por disminuir la contaminación acústica. Por ello es de vital importancia que las personas conozcan el peligro que representa, pero también es fundamental contar con metodologías que permitan realizar un diagnóstico de las fuentes generadoras de ruido. Todo ello con objeto de generar un ambiente menos agresivo, más saludable y lograr la elevación de la calidad de los servicios.

Desde la década de los noventa, entre las herramientas más utilizadas en el mundo para cuantificar el ruido y planificar su re-

ducción se encuentran los *mapas de ruidos*. Según Bastián (2015, p. 24), éstos constituyen una representación cartográfica de los niveles de presión sonora (ruido) existentes en una zona, en un periodo dado.

En Cuba esta herramienta ha sido empleada en estudios realizados en las vías de La Habana (Guzmán Piñeiro y Barceló Pérez, 2008; Torres Sotolongo y Romero Suárez, 2014), Santa Clara (Álvarez López y Cepero Salgado, 1997; Alí, 2010), Santiago de Cuba (Fajardo-Segarra, 2012; Fajardo-Segarra y Mateus-Lucas, 2017), y según Alí (2010), también se empleó en Varadero, Cienfuegos y Sancti Spíritus. Además, se ha utilizado en estudios en diferentes empresas (Quintana Martínez, 1993; Espinosa Mederos y Domínguez Morales, 1994; Ibrahim, 1996; Almeda Barrios, 2018).

Por otra parte, no existe un estudio del ruido sobre el centro histórico de Matanzas y, por ende, no se conoce si en las calles que lo conforman existe contaminación acústica, de acuerdo con las normativas vigentes. Por ello, este trabajo se propone como objetivo general elaborar mapas de ruido en el centro histórico de la ciudad de Matanzas.

## Contexto del estudio

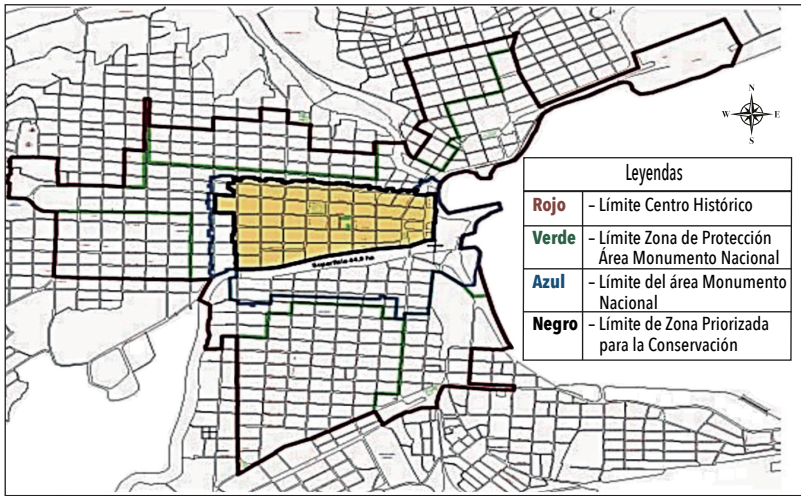
El centro histórico de la ciudad de Matanzas (Figura 1) cuenta con 299 manzanas, y de éstas, 76 cuentan con la categoría de Monumento Nacional desde el 12 de octubre de 2013, y 95 están declaradas como zonas de protección. Representativas todas de valores arquitectónicos, ambientales, culturales y paisajísticos de los siglos XVIII, XIX y XX (*Agramonte Radio Cadena*, 2013).

Como ejemplo de las construcciones representativas del centro histórico de la ciudad de Matanzas, en las Figuras 2 a 8 se muestran las siguientes: Plaza de la Vigía, Teatro Sauto, Museo Palacio de Junco, Cuartel de Bomberos, Casa de José Jacinto Milanés, Parque de la Libertad, Museo Farmacéutico de Matanzas.

El 13 de octubre del 2018 Matanzas fue declarada como ciudad turística por el ministro de Turismo, Manuel Marrero (Izquierdo Fe-

## Figura 1

### Zonificación del centro histórico de la ciudad de Matanzas



Fuente: Santos Pérez, 2017.

rrer, 2018). Se espera que la principal atracción sea su centro histórico, por lo que, para apoyar esta tarea, se han rescatado algunos de los inmuebles hoteleros. En las Figuras 9 a 11 se pueden apreciar los hoteles presentes en el centro histórico de la ciudad de Matanzas: Velasco, Louvre y Río San Juan.

## Metodología

Para la elaboración de los mapas de ruido en el centro histórico de Matanzas, se propone la metodología mostrada en la Figura 12, la cual se basa en las pautas que plantea ISO (2017), norma que regula los estudios de evaluación del ruido a nivel internacional, establecida por la Oficina Nacional de Normalización (NC), y en la NC 26 de 2012, pauta cubana para la realización de estudios de ruido en zonas habitables. La metodología utilizada sigue los pasos que propone Yagua Almonte (2016) debido a las características comunes que presenta su estudio con la presente investigación.

## Figura 2

### Plaza de la Vigía, monumento local

---



*Descripción:* A partir de ella se inició el trazado de las principales vías de acceso de la urbe. Constituye la primera Plaza de Armas en la ciudad. En sus alrededores se conservan importantes construcciones del siglo XIX.

*Fuente:* Elaboración propia.

## Figura 3

### Teatro Sauto, monumento nacional

---



*Descripción:* Es el principal de los tres teatros clásicos más relevantes de Cuba. Es un fiel ejemplo del estilo neoclásico, destacando por su escala y tratamiento estilístico. La instalación fue concebida como la caja armónica de un instrumento musical.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 4****Museo Palacio de Junco, monumento local**

---



*Descripción:* Es una construcción del año 1838, propia del estilo neoclásico de la época. Se caracteriza por combinar el diseño clásico romano con nuevas técnicas. Es el primer museo de historia local fundado después de 1959.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 5****Cuartel de Bomberos, monumento local**

---



*Descripción:* Inspirado en la arquitectura neoclásica, el Cuartel de Bomberos de Matanzas es uno de los edificios más representativos de su tipología en Cuba. En la misma área convive, desde 1998, el museo de esta especialidad.

*Fuente:* Elaboración propia.



**Figura 6****Casa de José Jacinto Milanés, monumento local**

*Descripción:* Inmueble representativo de las expresiones constructivas domésticas matanceras de la primera mitad del siglo XIX, donde vivió y murió el poeta José Jacinto Milanés, localizada en la calle Milanés núm. 38, entre Matanzas y Jovellanos.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 7****Parque de la Libertad, monumento local**

*Descripción:* Representativo de la influencia neoclásica y ecléctica que caracteriza a la arquitectura matancera de los siglos XIX y XX, es uno de los espacios urbanos más concurridos de la ciudad. Su entorno se jerarquiza por la presencia de un conjunto notable de construcciones civiles públicas, como el ayuntamiento, sociedades culturales, hoteles y la farmacia francesa. Es la segunda plaza de armas construida en la ciudad.

*Fuente:* Elaboración propia.

## Figura 8

### Museo Farmacéutico de Matanzas, monumento nacional

---



*Descripción:* La Farmacia Triolet se fundó el 1 de enero de 1882 como Botica Francesa, en una edificación de tres plantas, donde convivió junto a la vivienda de su fundador, el doctor Ernesto Triolet Lelievre. El 1 de mayo de 1964 reabrió sus puertas como el primer museo farmacéutico de Latinoamérica. Mantiene su integridad a lo largo del tiempo y es objeto de una restauración rigurosa y de una minuciosa conservación de su valiosa colección.

*Fuente:* Elaboración propia.

## Figura 9

### Hotel Velasco, centro histórico de Matanzas

---



*Categoría:* ★★★★★

*Grupo hotelero:* Cubanacán.

*Características:* Su decorado evoca el ambiente de residencias y salones del siglo XX; arquitectura ecléctica, sobresalen elementos del neoclasicismo

*Habitaciones:* 17, de las que 4 son junior suite y 13 estándar (11 matrimoniales, 2 dobles).

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 10****Hotel Louvre, centro histórico de Matanzas**

*Categoría:* ★★★★★

*Grupo hotelero:* Cubanacán.

*Características:* Confort y buen gusto se combinan de manera armónica, único con características coloniales en Cuba.

*Habitaciones:* 42 habitaciones, de las cuales se encuentran disponibles 15 totalmente remodeladas, y tres de ellas cuentan con el mobiliario original de la instalación hotelera de 1879.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 11****Hotel Río San Juan, centro histórico de Matanzas**

*Categoría:* ★★★★★

*Grupo hotelero:* Islazul.

*Características:* Dos plantas y diseño ecléctico. Respeta la fisonomía patrimonial que distinguió a la ciudad en siglo XIX; los elementos decorativos evocan la arquitectura colonial.

*Habitaciones:* 24 habitaciones de alto estándar.

*Fuente:* Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Figura 12, la metodología propuesta se compone de tres fases fundamentales que permiten elaborar los mapas de ruido del centro histórico de Matanzas. Algunos pasos integran la utilización de herramientas estadísticas e informáticas para su cumplimiento. La retroalimentación permite ampliar la zona del estudio y evaluar cada paso y fase en aras de obtener los resultados esperados.

### ***Fase 1. Inicio***

*Paso 1. Selección del área de estudio.* Se selecciona el área de estudio en función de los objetivos trazados.

*Paso 2. Descripción del área de estudio.* Se realiza un levantamiento de los siguientes datos: latitud, longitud, altitud, área aproximada, perímetro aproximado, características meteorológicas, características demográficas, características del tránsito vehicular.

### ***Fase 2. Monitoreo***

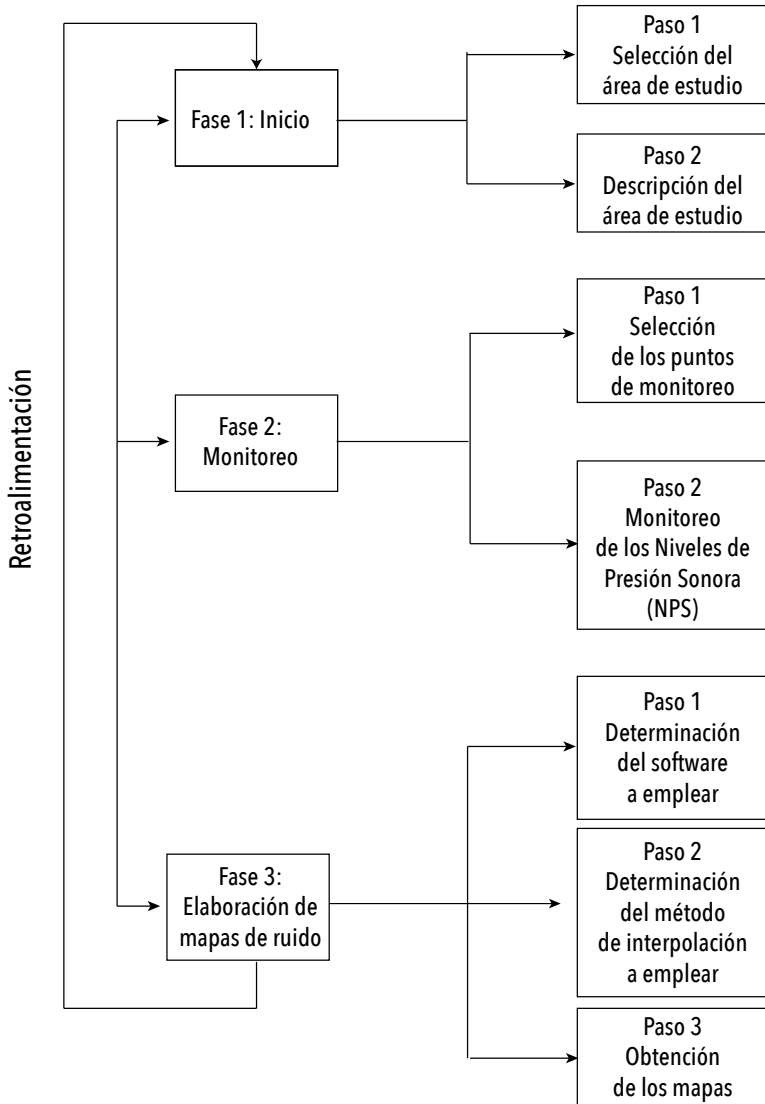
*Paso 1: Selección de los puntos de monitoreo.* Se presentan a continuación las principales metodologías para realizar mapas, según Au-sejo Prieto (2009).

*Metodología de retícula o rejilla.* Consiste en dividir la zona bajo estudio mediante una rejilla de una distancia fija y realizar las medidas en los nodos de la rejilla. Las distancias habitualmente utilizadas mediante este método pueden oscilar entre los 50 y 300 metros, en función de la dimensión del área estudiada. Para asegurar un alto grado de representatividad, es recomendado que el tamaño de la retícula sea de 100 x 100 m<sup>2</sup>, según lo planteado por Yagua Almonte (2016).

*Metodologías de viales o tráfico.* Consiste en realizar una categorización de las vías y muestrear diferentes puntos de éstas; se asume que las de la misma categoría presentarán niveles de ruido similares.

*Muestreos en zonas específicas.* Se suele emplear cuando un muestreo mediante rejilla o mediante viales es insuficiente porque

**Figura 12**  
Metodología propuesta



Fuente: Elaboración propia.

deja sin cubrir una zona concreta en la que se concentra un ruido específico, como el del ocio nocturno.

*Muestreo en función de los usos del suelo.* Se realiza a partir de las características del suelo, en función de las categorías de planificación territorial de la aglomeración: uso comercial, uso residencial, etc. Los puntos serán representativos de cada uso de suelo.

*Metodología de zonas aleatorias.* Es habitual emplearla cuando no se puede trazar una retícula. No procede la utilización del método de los viales porque no hay una zona específica en la que se concentre el ruido.

*Paso 2. Monitoreo de los NPS.* Los horarios utilizados para efectuar el monitoreo se presentan en el Cuadro 1, los cuales se definieron como lo establece la ISO 1996-2, y se encuentran comprendidos en los turnos establecidos por la NC 26 de 2012. En cuanto al tiempo de medición, en vez de ser de una hora (como lo señala la NC 26 de 2012), fue de 15 minutos, de acuerdo con la ISO 1996-2, que indica que éste es el tiempo mínimo de medición para elaborar mapas de ruido. Para realizar las mediciones se cuenta con un sonómetro promediador integrador GK: 1290563 (Figura 13), que ofrece directamente el NPS integrado (Leq (A)).

## Cuadro 1

Turnos de medición propuestos a aplicar en el estudio y su fundamentación

<i>Periodos y turnos</i>	<i>Fundamentación</i>
Diurno A 6:00-9:00	Uno de los periodos de mayor tránsito, tanto peatonal como vehicular, ya que se trasladan las personas hacia sus centros de trabajo o estudio.
Diurno B 11:00-13:00	Horario del mediodía, horario de almuerzo y descanso en algunos centros.
Diurno C 16:00-18:00	Final de jornada, por ser momento de retorno al hogar de muchas personas.
Nocturno 22:00-2:00	Ocio nocturno en las ciudades, a partir de los momentos de apertura y clausura de varios centros destinados a este fin.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 13**  
Sonómetro GK: 1290563

---



---

*Fuente:* SoundLab, S.A.

### ***Fase 3. Elaboración de mapas de ruido***

*Paso 1. Determinación del software a emplear:* A partir de la proliferación de modelos matemáticos de predicción de ruido, en los años noventa se disparó la utilización de programas de simulación de ruido en ambientes exteriores (Manvell, 2005). Con dicho aumento, se incrementaron también las comparaciones entre softwares y comenzaron a emplearse entornos SIG en la elaboración de los mapas. La necesidad de crear mapas de ruido de amplias extensiones, que requieren de gran cantidad de datos de entrada, impulsó a numerosos

grupos de investigación a desarrollar sus propios programas de simulación (Farina, Galaverna y Truffelli, 2006). En el Cuadro 2 se recogen algunos de los softwares existentes más populares para la elaboración de mapas de ruidos.

*Paso 2: Determinación del método de interpolación a emplear.* Existen diferentes métodos de interpolación. En el Cuadro 3 se recoge la información de algunos de ellos.

## Cuadro 2

### Algunos softwares utilizados en la elaboración de mapas de ruido

---

#### *ProfetaSONIC TACTIC Suite*

Software acústico para proyección de ruido de fuentes puntuales y multipuntuales en bandas de octava de frecuencia (63; 125; 250; 500; 1k; 2k; 4k y 8k HZ). Considera factores ambientales, barreras, atenuación por el suelo, entre otros (Acusonic, 2018).

---

#### *Canarina CUSTIC*

Software para evaluar la contaminación sonora y el ruido: impacto ambiental del ruido, ingeniería ambiental de la contaminación acústica, gestión ambiental del ruido y de la contaminación acústica en general (XPRT, 2019).

---

#### *CADNA-A*

Permite elaborar mapas de ruido en exteriores, generado a partir de bases de datos de fuentes de ruido comúnmente utilizadas en la industria. Permite la predicción de ruido generado en carreteras (automóviles), vías férreas (trenes), aeropuertos (aviones) (DataKustik, 2019).

---

#### *SoundPLAN*

Modela espacios abiertos donde se requiere analizar la propagación del sonido, así como el sonido proyectado al ambiente por fuentes puntuales y flujo vehicular; tiene en cuenta la incorporación de barreras acústicas para la mitigación del ruido (SoundPLAN, 2019).

---

#### *ArcGIS*

Software en el campo de los sistemas de información geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI. Bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica (ESRI, 2019)

---

*Fuente:* Elaboración propia.



### Cuadro 3

#### Algunos métodos de interpolación

---

##### *Ponderación de Distancia Inversa (IDW)*

Es un método matemático de interpolación que usa una función inversa de la distancia; parte del supuesto de que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto, tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar (Diego Murillo et al., 2012).

---

##### *Kriging*

Está basado en la autocorrelación espacial de las variables. Es un estimador lineal que busca generar superficies continuas a partir de puntos discretos. Asume que la media, aunque desconocida, es constante y que las variables son estacionarias y no tienen tendencias. Permite la transformación de los datos, la eliminación de tendencias, y proporciona medidas de error (Segura et al., 2012).

---

##### *Vecino natural*

Halla el subconjunto de muestras de entradas más cercanas a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre ellas, basándose en áreas proporcionales para interpolar un valor (Huerta Juárez, 2012).

---

##### *Spline*

Método de interpolación que estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie, lo que resulta en una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada (Childs, 2004).

---

*Fuente:* Elaboración propia.

*Paso 3: Obtención de los mapas.* Una vez conseguida la información necesaria para obtener los mapas de ruido, ésta debe ser procesada como se describe a continuación.

a) Georreferenciar la imagen de la zona en la que se realiza el estudio mediante el georreferenciador de la herramienta del ArcMap del software ArcGIS.

b) Preparar los resultados de las mediciones de los puntos de monitoreo en tablas de Excel a partir de código de puntos, coordenadas y valores a representar.

c) Importar dichos datos a la herramienta ArcMap del software ArcGIS mediante la opción “Add xy data”. Se asignan en el casillero de X Field las coordenadas correspondientes a longitud; y en el Y Field, las correspondientes a la latitud.

d) En el panel de ArcToolbox se puede acceder a los distintos métodos de interpolación mediante la herramienta Spatial Analyst Tools - Interpolation.

e) Una vez aquí, se puede observar una serie de métodos de interpolación, pero como se mencionó anteriormente, el método de interpolación Kriging es el más recomendado para la elaboración de los mapas de ruido.

f) Cuando ya se tienen los datos interpolados, se procede a editar la escala de los niveles de presión sonora de acuerdo con lo sugerido por la Norma ISO 1996-2, según la cual el mapa de ruido ha de representar niveles de presión sonora en tramos de 5 dB. Dichos niveles se presentan en el Cuadro 4, en conjunto con el color y la trama que los identifican.

g) Se añaden los detalles para terminar el mapa, como leyenda y título.

h) Se exporta el mapa en un formato que facilite su manipulación.

**Cuadro 4**  
Niveles sonoros con sus respectivos colores y tramas

<i>Nivel sonoro (dB)</i>	<i>Color</i>	<i>Trama</i>
<35	Verde claro	Puntos pequeños, densidad baja.
35-40	Verde	Puntos medianos, densidad media.
40-45	Verde oscuro	Puntos grandes, densidad alta.
45-50	Amarillo	Líneas verticales, densidad baja.
50-55	Ocre	Líneas verticales, densidad media.
55-60	Naranja	Líneas verticales, densidad alta.
60-65	Cinabrio	Entramado de cruces, densidad baja.
65-70	Carmin	Entramado de cruces, densidad media.
70-75	Rojo lila	Entramado de cruces, densidad alta.
75-80	Azul	Rayas verticales anchas.
80-85	Azul oscuro	Totalmente negro.

*Fuente:* ISO, 2017.

## Resultados de la aplicación del procedimiento

### *Fase 1. Inicio*

*Paso 1: Selección del área de estudio.* En aras de responder al objetivo general trazado en esta investigación, se decidió tomar como área de estudio la que se muestra en la Figura 14, la cual comprende casi en su totalidad a la zona priorizada para la conservación del centro histórico de Matanzas. Como se puede apreciar en dicha figura, el área comprende 31 manzanas, de las que fueron seleccionadas las calles principales: Contreras, Milanés, Medio, Río y Narváez. El estudio comprende además las dos plazas de armas primordiales de la ciudad: La Vigía, que corresponde al sitio fundacional, y el Parque de la Libertad. Se decidió llevar el estudio hasta la calle América para valorar la influencia del ruido sobre el Instituto Preuniversitario Urbano (IPU) José Luis Dubrocq Sardiñas.

**Figura 14**  
Área seleccionada para la realización del estudio



*Fuente:* Elaboración propia.

*Paso 2: Descripción del área de estudio.* En el Cuadro 5 se recoge la descripción de la ciudad de Matanzas, con el objetivo de caracterizar al área de estudio.

## **Cuadro 5**

### **Descripción de la ciudad de Matanzas**

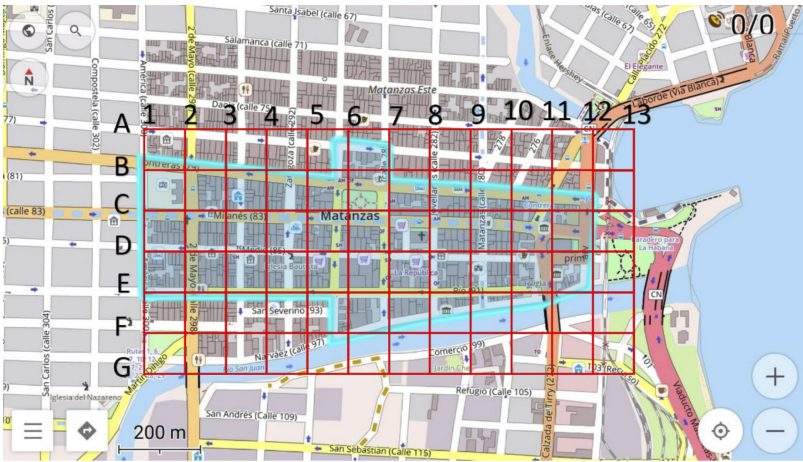
Latitud	23.0411091
Longitud	-81.5774994
Altitud media	20 msnm
Área aproximada	340 000 m <sup>3</sup>
Perímetro aproximado	3 000 m
Características meteorológicas	
Temperatura media anual	24°C
Precipitación media anual	1 525 mm
Humedad relativa media anual	72.85%
Características demográficas	
Habitantes en 2016	140 107
Habitantes en 2019	164 348
Características del tránsito vehicular	
Cantidad de vehículos (2016)	3 949
Velocidad media de traslado por área de estudio	50 km/h
Superficie de la carretera	Asfalto, adocreto y concreto

*Fuente:* Elaboración propia.

## **Fase 2. Monitoreo**

*Paso 3. Selección de los puntos de monitoreo.* La selección se efectuó bajo una combinación de la metodología de rejilla y la de puntos aleatorios. En la Figura 15 se aprecia la aplicación de la metodología de rejilla. De acuerdo con esta metodología, los puntos de muestreo están en los nodos de las rejillas, obteniéndose un total de 55 puntos, pero como se observa en la Figura 15, algunos de éstos quedaron en lugares inaccesibles para el estudio (en el interior de algunas viviendas o en el río San Juan), por lo que se aplicó la metodología de zona

**Figura 15**  
Aplicación de la metodología de rejilla



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 16**  
Identificación de los puntos de monitoreo



*Fuente:* Elaboración propia.

aleatoria para resolver dicha situación. En la Figura 16 se muestran los puntos de monitoreo finales.

*Paso 2. Monitoreo de los niveles de presión sonora (NPS).* El estudio se inició el 28 de febrero y culminó el 23 de abril. No se efectuaron mediciones los días 5 a 8 de marzo por celebrarse en la ciudad la Feria Internacional de Libro, y los días 15 a 19 de abril por celebrarse la XIII Edición de la Bienal de La Habana “Ríos intermitentes” y la Jornada Nacional de Teatro Callejero, ya que la normativa cubana establece que las mediciones deben realizarse en las condiciones más usuales de funcionalidad de los territorios. Una vez efectuadas las mediciones, se buscaron las coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo mediante la utilización de la aplicación Google Maps. En la Figura 17 se muestran fotos de la realización de las mediciones de los NPS en algunos de los puntos de monitoreo.

### ***Fase 3. Elaboración de mapas de ruido***

*Paso 1. Determinación del software a emplear.* Se decidió utilizar el software ArcGis, versión 10.3. Para la construcción de los mapas de ruido se empleó la herramienta ArcMap de dicho software.

*Paso 2. Determinación del método de interpolación a emplear.* De los métodos disponibles para realizar la interpolación, se recomienda emplear el Kriging, ya que es el apropiado para cambios graduales de ruido y es utilizado en concentraciones de contaminantes, en este caso el ruido ambiental (Murillo, Ortega, Carrillo, Pardo y Rendón, 2012).

*Paso 3. Obtención de los mapas.* Una vez obtenida la información necesaria, se procedió a georreferenciar una imagen donde se evidenciara el área de estudio; para ello se utilizó el georreferenciador de la herramienta ArcMap del software ArcGis. Posteriormente, se insertó la información recopilada durante el proceso de monitoreo, para lo que se agregó la base de datos de la información a partir de los puntos de monitoreo (Figura 18). Después se procedió a interpo-

**Figura 17**

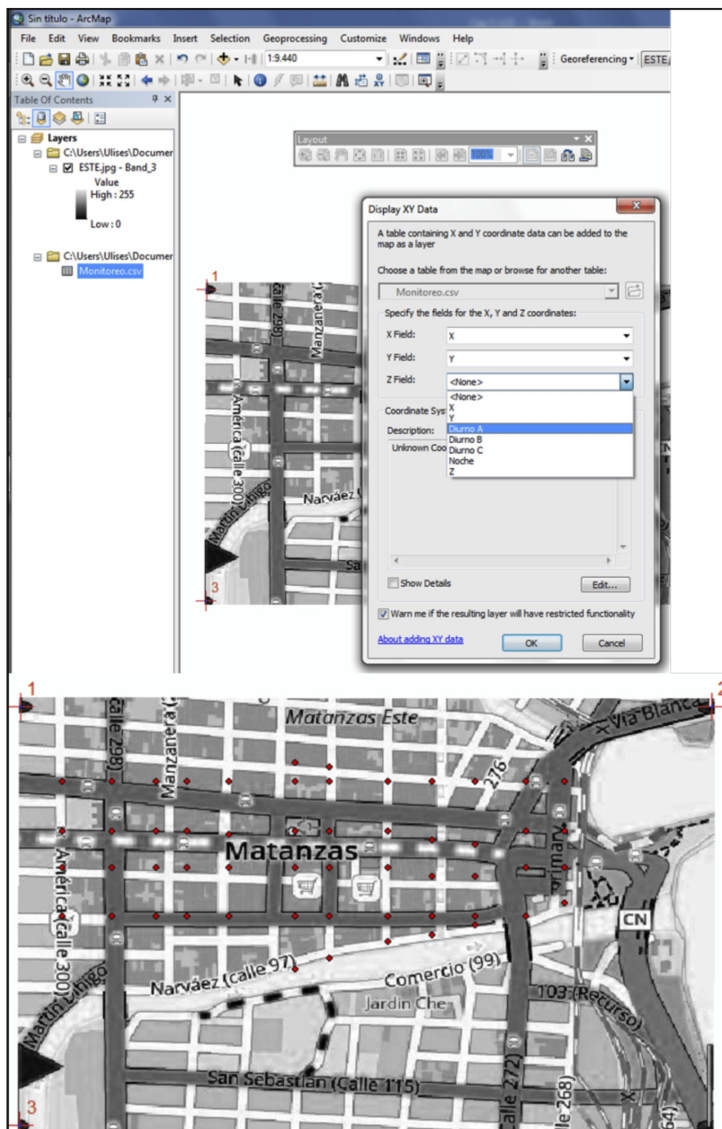
Collage de fotos donde se muestra cómo se efectuó el monitoreo en algunos de los puntos seleccionados



Fuente: Elaboración propia.

lar la información con el método Kriging (Figura 19). Tras la interpolación de los NPS, se modificaron los intervalos y sus colores, de acuerdo con lo que establece la ISO 1996-2, de 2017. Una vez obtenido todo según lo establecido por la norma, se extrajo la zona de estudio. Para ello se utilizó la herramienta *ExtractbyPolygon* del propio ArcMap, en aras de que el mapa de ruido sólo contemple el área seleccionada y los lugares en que se efectuaron las mediciones.

**Figura 18**  
Información del monitoreo introducida al software



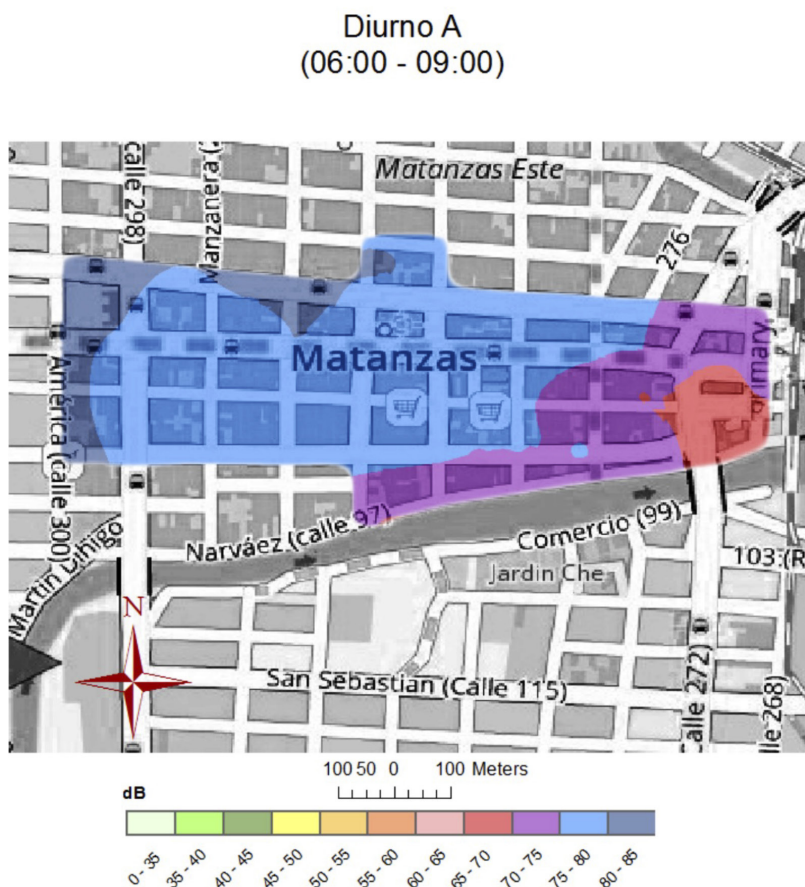
Fuente: Elaboración propia





**Figura 20**

Mapa de ruido del centro histórico de la ciudad de Matanzas, correspondiente al horario diurno A



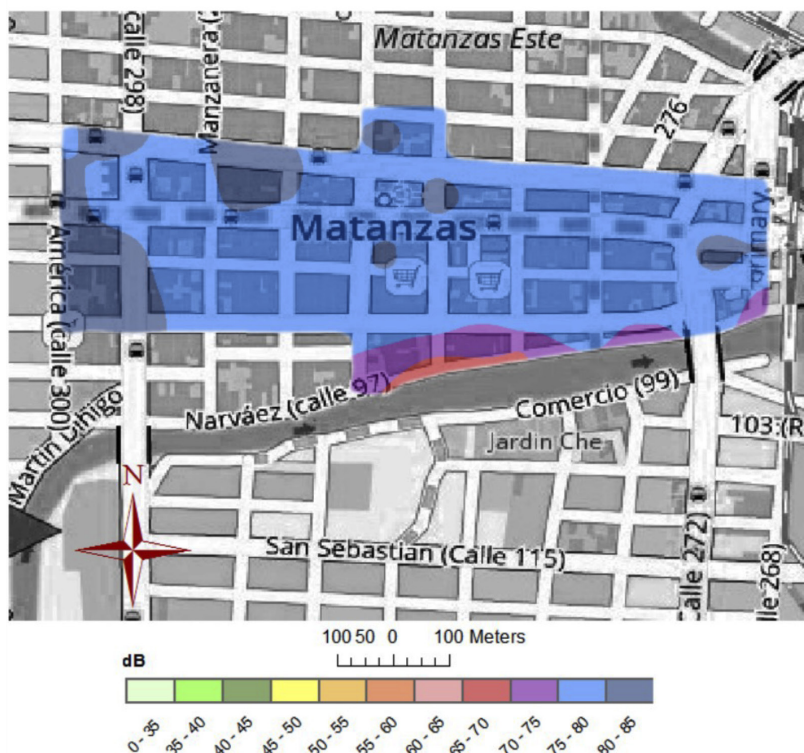
\*El presente mapa de ruido se hizo con el objetivo de evaluar la contaminación acústica en las vías del centro histórico de la ciudad de Matanzas, por tanto los valores del ruido dentro de estructuras y edificios deben ser tomados, solo, como referencias.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 21**

Mapa de ruido del centro histórico de la ciudad de Matanzas, correspondiente al horario diurno B

Diurno B  
(11:00 - 13:00)

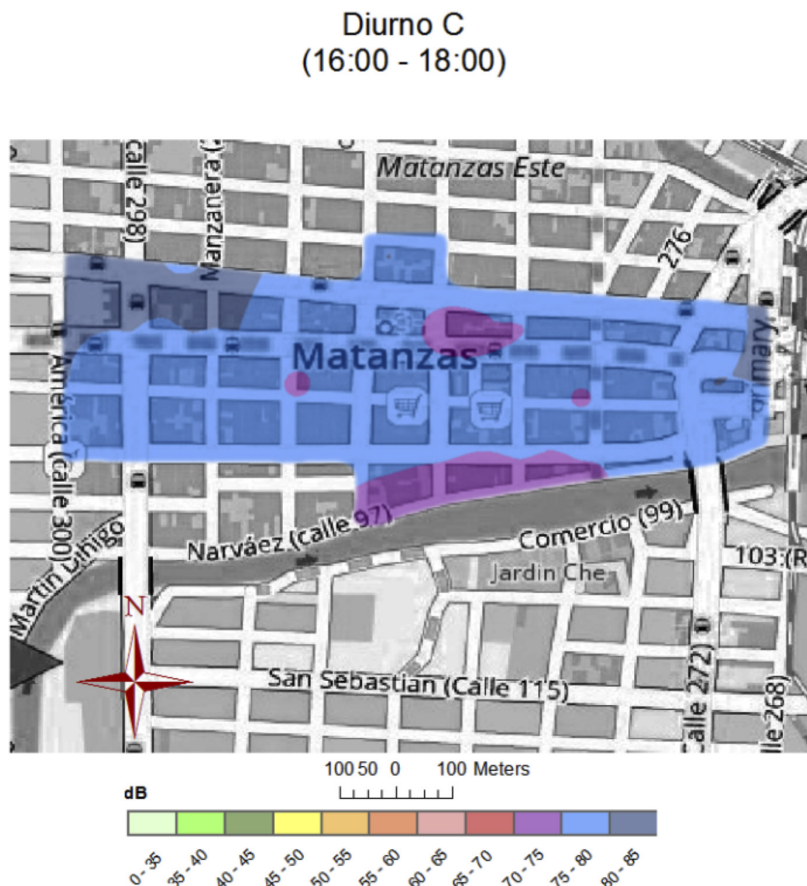


\*El presente mapa de ruido se hizo con el objetivo de evaluar la contaminación acústica en las vías del centro histórico de la ciudad de Matanzas, por tanto los valores del ruido dentro de estructuras y edificios deben ser tomados, solo, como referencias.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 22**

Mapa de ruido del centro histórico de la ciudad de Matanzas, correspondiente al horario diurno C

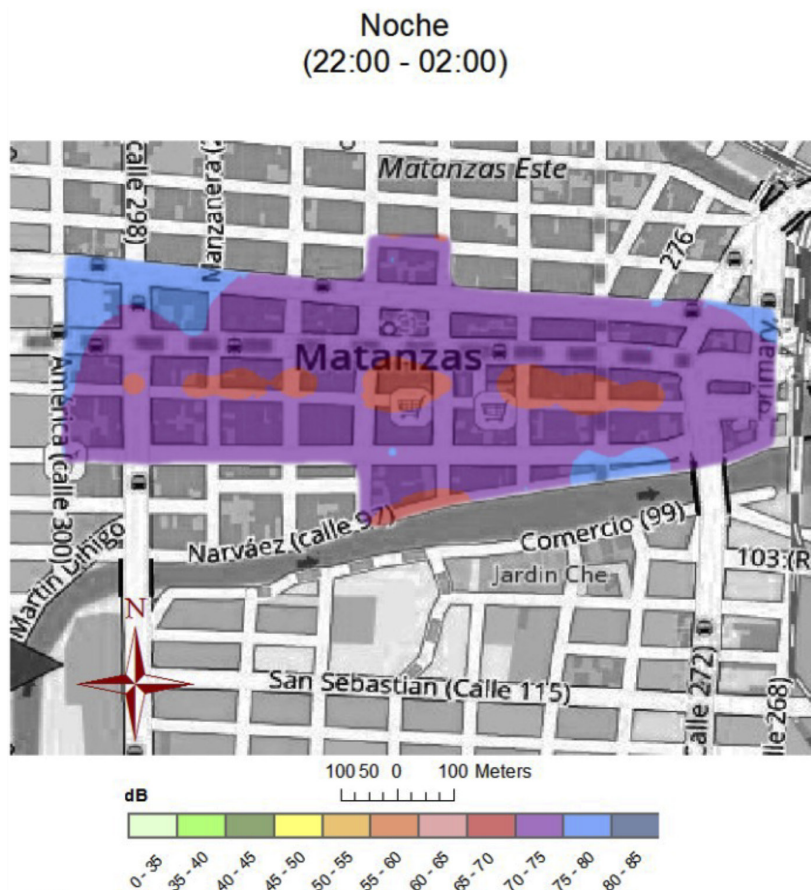


\*El presente mapa de ruido se hizo con el objetivo de evaluar la contaminación acústica en las vías del centro histórico de la ciudad de Matanzas, por tanto los valores del ruido dentro de estructuras y edificios deben ser tomados, solo, como referencias.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 23**

Mapa de ruido del centro histórico de la ciudad de Matanzas, correspondiente al horario de la noche



\*El presente mapa de ruido se hizo con el objetivo de evaluar la contaminación acústica en las vías del centro histórico de la ciudad de Matanzas, por tanto los valores del ruido dentro de estructuras y edificios deben ser tomados, solo, como referencias.

Fuente: Elaboración propia.

## *Análisis de los mapas*

*Diurno A.* En este mapa se puede apreciar que la zona con menos incidencia de ruido en ese horario es la Plaza de la Vigía. El mayor ruido se concentra en las calles Contreras y América, lo que provoca una incidencia alta sobre la manzana de 2 de Mayo, Contreras, América y Milanés, lugar donde se encuentra el IPU José Luis Dubrocq, zona en que los valores mostrados se encuentran en el rango de 80 a 85 dB.

*Diurno B.* En este mapa la zona con los valores más bajos de NPS es la calle Narváez, con zonas donde el rango es de 65 a 70 dB. La mayor incidencia de ruido se encuentra en las calles de 2 de Mayo, América, y en algunas zonas de las vías Contreras, Milanés y Río, donde se aprecian valores en el rango de 80 a 85 dB. La incidencia del ruido sobre el IPU José Luis Dubrocq es la más alta.

*Diurno C.* Los valores más bajos registrados se encuentran en la calle Narváez, con valores comprendidos en el rango de 70 a 75 dB. En la manzana integrada por las calles Contreras, Manzanera, Milanés, 2 de Mayo, así como por la manzana compuesta por Contreras, América, Milanés, 2 de Mayo, en conjunto con la calle Ayón, es donde se reportan las mayores incidencias de los ruidos, donde el rango registrado es de 80 a 85 dB.

*Nocturno.* Los máximos niveles de ruido registrados, comprendidos en el rango de 70-75 dB, se encuentran en parte de la calle Narváez y en la manzana donde se ubica el IPU José Luis Dubrocq: 2 de Mayo, Contreras, América y Milanés. Los menores valores registrados se encuentran en la calle del Medio, los cuales se encuentran en el rango de 65 a 70 dB.

*Día completo.* En aras de poder analizar el comportamiento del ruido en un día completo (que abarque tanto los momentos diurnos como los nocturnos), se efectuó un último mapa, para el cual se tomó el promedio de las mediciones de cada uno de los puntos (Figura 24). Para valorar si el comportamiento de los NPS a lo largo de un día cumple con lo que establece la normativa vigente en Cuba (NC 26 de



**Cuadro 6**  
Niveles de ruido establecidos en la NC 26 de 2012

<i><b>L<sub>Aeq</sub> [dB(AF)]</b></i>	<i><b>Niveles tolerables</b></i>				<i><b>Niveles máximos admisibles</b></i>	
	<i><b>Áreas urbanizables estables</b></i>		<i><b>Remodelaciones</b></i>		<i><b>Nuevas urbanizaciones</b></i>	
	<i><b>Día</b></i>	<i><b>Noche</b></i>	<i><b>Día</b></i>	<i><b>Noche</b></i>	<i><b>Día</b></i>	<i><b>Noche</b></i>
Suburbano	73	73	70	64	59	59
Comercial	75	71	70	58	67	53
Tránsito	68	58	65	55	47	47
Instalaciones mecánicas e industriales	71	66	70	60	50	50
L10 [dB(AF)]	100		90		80	

*Fuente:* NC, 26 de 2012.



2012), se programó un Excel, el cual procesa los datos obtenidos durante el monitoreo y muestra si se cumple o no la norma vigente (Cuadro 6) y si se acata también con lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OSMAN, 2010), esto es: periodo diurno, 55 dB; periodo nocturno, 50 dB. El Excel, titulado “Análisis de las mediciones”, funciona a partir de la evaluación de los puntos de monitoreo por vías o carretera. Para ello se seleccionaron las vías principales contempladas en el área elegida: Narvárez, Río, Medio, Milanés y Contreras.

Con base en la información procesada (Figura 25), se puede apreciar que en ninguna de las vías seleccionadas para el estudio se cumple con lo recomendado por la OMS. Para analizar el resultado del cumplimiento de la NC 26 de 2012, primero se deben caracterizar las vías seleccionadas de acuerdo con su uso (Cuadro 7). Una vez efectuada esta clasificación, se puede apreciar que sólo se cumple con la normativa vigente en la calle Narvárez para el horario diurno, y en la calle Medio para el nocturno. En los otros casos el ruido que se registró se encuentra por encima de lo establecido en la norma.

Desde la arista social, los niveles de ruido en las vías Narvárez y Medio afectan el desarrollo de actividades turísticas, como visitas guiadas a los centros de interés patrimonial, así como la comunicación en las disímiles actividades comerciales. Coincidentemente, en las vías de tránsito con incumplimiento de los niveles de ruido máximos

### Cuadro 7

Clasificación de las vías seleccionadas para el estudio, de acuerdo con la NC 26 de 2012

<i>Calle</i>	<i>Clasificación</i>		
	<i>Suburbano</i>	<i>Comercial</i>	<i>Tránsito</i>
Narvárez		X	
Río			X
Medio		X	
Milanés			X
Contreras			X

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 25**  
Resultado arrojado por el Excel programado



Fuente: Elaboración propia.

admisibles se ubican los hoteles del centro histórico. Los altos niveles de ruido diurno y nocturno resultan perniciosos para el descanso de los clientes y pueden incluso causar molestias en los horarios de sueño en las habitaciones más cercanas a las vías. Por otra parte, existen viviendas en todas las zonas afectadas, lo cual presupone daños a sus habitantes y realza la necesidad de una actuación inmediata sobre los principales focos emisores.

Como se aprecia en el análisis efectuado, resulta necesario tomar medidas correctoras del ruido, en particular del provocado por el tráfico, ya que es el de mayor representatividad en la zona de estudio. Según Segués Echazarreta (2008, p. 3), para ello puede analizarse la viabilidad de emprender distintas actuaciones que, de forma general, se agrupan en los siguientes cuatro grupos:

1) Actuaciones en la planificación de las infraestructuras de transporte y ordenación del territorio.

2) Acciones sobre la fuente de ruido, que permitan reducir al máximo la emisión de ruido de los vehículos y de la carretera en su conjunto.

3) Actuaciones sobre la propagación del sonido: barreras acústicas y dispositivos antirruido, y en menor medida, el tratamiento de superficies.

4) Actuaciones sobre el receptor, como es el aislamiento de fachadas, tejados y, en general, el cerramiento acústico en el entorno del receptor.

Resulta evidente que la primera forma de evitar los efectos nocivos de la contaminación acústica de los transportes es una buena planificación urbanística, aspecto en el que ya se trabaja en la ciudad, como lo expresó Pedro Pablo Pérez, subdirector técnico de Planificación Física en la provincia de Matanzas (*Cubadebate*, 2018).

Además, es necesario valorar la posible modificación en el funcionamiento de la fuente, a partir del establecimiento de restricciones horarias al tráfico vehicular, así como el establecimiento de límites de emisión sonora a los diferentes tipos de vehículos y medios de transporte.

## Conclusiones

Los mapas de ruido son una herramienta imprescindible para las autoridades encargadas de la gestión urbanística, pues permiten realizar una evaluación objetiva de la realidad acústica existente en una zona determinada para poder cuantificar y planificar la reducción de ruido.

La construcción de mapas de ruido en la zona priorizada para la conservación del centro histórico de la ciudad de Matanzas en los horarios de 6:00-9:00 (diurno A), de 11:00-13:00 (diurno B), de 16:00-18:00 (diurno C), de 22:00-2:00 (nocturno), y uno promedio, permitió observar que los NPS más altos se encuentran en la manzana comprendida por las vías 2 de Mayo, Contreras, América y Milán, en concordancia con los niveles de tráfico vehicular que presentan estas vías, y por poseer el mayor aforo de peatones.

Por otra parte, se comprobó la existencia de contaminación acústica en las vías de Matanzas a partir de las mediciones y la comparación con lo que establece la NC 26 de 2012 y con los niveles de ruido recomendados por la OMS.

Se realizó un análisis de las principales medidas que se pueden adoptar para atenuar las condiciones actuales. Se determinó que uno de los principales problemas en la contaminación acústica es el de los transportes, y que se pueden abatir sus efectos nocivos mediante una buena planificación urbanística. Sería oportuno contemplar el establecimiento de restricciones horarias de tráfico, así como establecer límites de emisión sonora a los diferentes tipos de vehículos y medios de transporte.

## Bibliografía

- Acusonic. (2018). *Acusonic*. Santiago, Chile. [http://www.acusonic.cl/software\\_mapa\\_ruido.htm](http://www.acusonic.cl/software_mapa_ruido.htm)
- Agramonte, Radio Cadena. (2013). *Cuba: declaran monumento nacional el centro histórico de Matanzas*. [www.cadenagramonte.cu/articulos/ver/36894:cuba-declaran-monumento-nacional-el-centro-historico-de-matanzas](http://www.cadenagramonte.cu/articulos/ver/36894:cuba-declaran-monumento-nacional-el-centro-historico-de-matanzas)
- Alí, S. (2010). *Estudio sobre la contaminación acústica urbana y su*

- influencia en la calidad del hábitat en la ciudad de Santa Clara.* (Trabajo de diploma. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Cuba). <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1339/C10002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Almeda Barrios, Y. (2018). *Contribución al control de ruido y su valoración socioeconómica en instalaciones hoteleras.* (Tesis de maestría en Administración de Empresas, Universidad de Matanzas, Cuba).
- Álvarez López, A. y Cepero Salgado, E. G. (1997). *Atlas bioclimático, acústico y energético de aplicación al diseño y construcción de viviendas en Villa Clara.* Santa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Ausejo Prieto, M. (2009). *Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de mapas de ruido.* (Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, España). [http://oa.upm.es/2031/1/MIGUEL\\_AUSEJO\\_PRIETO\\_A.pdf](http://oa.upm.es/2031/1/MIGUEL_AUSEJO_PRIETO_A.pdf)
- Bastián, N. (2015). Elaboración de mapa de ruido de la ciudad de Valdivia mediante software de modelación utilizando métodos de simplificación. *Revista Síntesis Tecnológica*, 5(1), 24-36. [https://www.researchgate.net/publication/260427053\\_Elaboracion\\_de\\_mapa\\_de\\_ruido\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Valdivia\\_mediante\\_software\\_de\\_modelacion\\_utilizando\\_metodos\\_de\\_simplificacion](https://www.researchgate.net/publication/260427053_Elaboracion_de_mapa_de_ruido_de_la_ciudad_de_Valdivia_mediante_software_de_modelacion_utilizando_metodos_de_simplificacion)
- Childs, C. (2004). Interpolating surfaces in ArcGIS spatial analyst. *ArcUser*, 3235(569), 32-35. <https://www.esri.com/news/arcuser/0704/files/interpolating.pdf>
- Comisiones Obreras de Asturias. (2007). *El ruido: del riesgo sonoro al daño silencioso.* Asturias, España: Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente. <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2014/06/El-ruido.pdf>
- Cubadebate.* (2018). Matanzas proyecta reordenamiento acorde a su condición de destino turístico. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2018/10/26/matanzas-proyecta-reordenamiento-acorde-con-su-condicion-de-destino-turistico/#.X0wczdxKjIU>
- DataKustik. (2019). *DataKustik.* Gilching, Alemania. <https://www.datakustik.com/products/cadnaa/cadnaa/>
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas.* (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Sobre eva-

- luación y gestión del ruido ambiental. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=SK>
- Espinosa Mederos, A. y Domínguez Morales, I. (1994). *Soluciones técnicas del ruido en la termoeléctrica José Martí*. (Trabajo de diploma. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Cuba).
- ESRI. (2019). *About ArcGIS. Sistemas de Información Geográfica*. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>
- Fajardo-Segarra, A. F. (2012). Evaluación del ruido producido por el transporte automotor en la calle Aguilera en el centro histórico de la ciudad de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 4, 73-84. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181325081006.pdf>
- Fajardo-Segarra, A. F. y Mateus-Lucas, C. (2017). Incidencia del ruido producido por el transporte automotor en áreas de valor patrimonial: avenida Jesús Menéndez. *Ciencia en su PC*, 3, 81-90. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181353026007.pdf>
- Farina, A., Galaverna, P. y Truffelli, G. (2006). *Simplified mapping algorithm for fast surveys, requiring minimal input data*. The Thirteenth International Congress on Sound and Vibration. Vienna, Austria. <http://docplayer.net/56620951-Simplified-mapping-algorithm-for-fast-surveys-requiring-minimal-input-data.html>
- García Dihigo, J. (2016). *Ruido, vibraciones y presiones anormales*. Universidad de Matanzas.
- Guzmán Piñeiro, R. y Barceló Pérez, C. (2008). Estimación de la contaminación sonora del tránsito en la ciudad de La Habana, 2006. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 46(2), 1-13. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032008000200004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032008000200004)
- Huerta Juárez, F. J. (2012). *Métodos de interpolación para datos espaciales discretos*. Convención Nacional de Geografía.
- Ibrahim, A. A. (1996). *Contribución a la evaluación y control del ruido en las termoeléctricas de Cuba*. (Tesis de doctorado en Ciencias. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba).
- Izquierdo Ferrer, L. (2018). Mintur: 2019 será un año de retos para el turismo cubano. *Cubadebate. Contra el terrorismo mediático*. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2018/12/27/mintur-2019-sera-un-ano-de-retos-para-el-turismo-cubano/#.XGb6b3TpJAg>

- Manvell, D. (2005). *Current trends in environmental noise calculation software in Europe*. Japón: INCE.
- Moragas, C. (1994). Patrimonio, turismo y ciudad. *Revista PH*, 9, 16-21. <https://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/157>
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A. y Rendón, J. (2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *Ingenierías USBMed*, 3(1), 62-68. <http://revistas.usbbog.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/265>
- Normas Ambientales para la Protección Contra Ruidos (2003). *Normas Ambientales para la Protección Contra Ruidos*. Cuba. <https://www.granma.cu/cuba/2019-06-03/una-batalla-cultural-y-civica-contr-el-ruido-03-06-2019-21-06-12#:~:text=Art%C3%ADculo%20147%3A%20Queda%20prohibido%20emitir,de%20vida%20de%20la%20poblaci%C3%B3n>
- Oficina Nacional de Normalización. (2012). *NC 26:2012. Ruido en zonas habitables. Requisitos higiénicos sanitarios*. La Habana, Cuba.
- Organización Mundial del Turismo. (2018). Panorama OMT del turismo internacional. Madrid, España: World Tourism Organization. <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284419890>
- OSMAN (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía). (2010). *Ruido y salud*. Andalucía, España: Junta de Andalucía. [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c40089f2-47b6-4b57-9c7f-9c7c5cdcbd63&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c40089f2-47b6-4b57-9c7f-9c7c5cdcbd63&groupId=7294824)
- Quintana Martínez, E. (1993). *Control de ruido en la central termoelectrica Antonio Guiteras de la ciudad de Matanzas*. (Trabajo de diploma, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Cuba).
- Santos Pérez, O. (2017). *Procedimiento para la gestión integrada de accesibilidad y movilidad en centros históricos. Aplicación en la ciudad de Matanzas*. (Tesis de maestría, Universidad de Matanzas, Cuba).
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). *Normas ambientales para la protección contra ruidos, NARU-001-03*. <https://www.cne.gob.do/wp-content/uploads/2016/08/Normas-Ambientales-para-la-Proteccion-Contra-Ruidos.pdf>

- Segués Echazarreta, F. (2008). *Medidas preventivas y correctoras del ruido de tráfico*. (Tesis de maestría, Escuela de Negocios, Madrid). <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20016/medidas-preventivas-y-correctoras-del-ruido-de-trafico>
- Segura, J., Cerdá, S., Barba, A., Cibrián, R., Montell, R. y Giménez, A. (2012). *Técnicas de interpolación espacial como herramienta para la determinación de la calidad del campo sonoro en salas*. VIII Congreso Iberoamericano de Acústica. Évora, Portugal. <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Evora12/148.pdf>
- SoundLab Software (2013). *Digital sound pressure level meter. Operation manual*. <https://www.bogen.com/products/pdfs/specialelectronicspdfs/SoundLABSoftwareInstall.pdf>
- SoundPLAN, G. (2019). *SoundPLAN*. <https://www.soundplan.eu/en/>
- Torres Sotolongo, D. E. y Romero Suárez, P. (2014). Procedimiento para la evaluación del ruido ambiental urbano en el municipio de Regla (Cuba) utilizando sistemas de información geográfica. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* 14, 1-15. <http://observatoriageograficoamericalatina.org.mx/egal15/Nuevastecnologias/Sig/03.pdf>
- XPRT Environmental (2019). *Canarina Environmental Software*. <https://www.environmental-expert.com/software/canarina-custic-noise-pollution-modeling-software-145560>
- Yagua Almonte, W. G. (2016). *Evaluación de la contaminación acústica en el centro histórico de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú). <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1915>

## Acerca de los autores

**Ulises Betancourt Morffis** es ingeniero industrial. Actualmente es profesor del Departamento Industrial de la Universidad de Matanzas, donde imparte las asignaturas Procesos Tecnológicos de los Servicios, y Gestión de Mercadotecnia y Comercial para Ingenieros Industriales; además trabaja en la Dirección de Calidad de dicha universidad. Se encuentra cursando la maestría de Ergonomía y Se-



guridad y Salud del Trabajo. Sus líneas de investigación son: servicios, marketing, ergonomía, y seguridad y salud del trabajo. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2877-3171>

**Yoel Almeda Barrios** es ingeniero industrial y maestro en Administración de Empresas. Actualmente es profesor de Ergonomía, y Seguridad y Salud del Trabajo. Es consultor del Centro Internacional de La Habana (CIH). Ha fungido como tutor de más de 35 tesis de pregrado de la especialidad en Ingeniería Industrial. Sus líneas de investigación son: ergonomía, seguridad y salud del trabajo; metodología de la investigación científica; ingeniería de métodos; estudio de tiempos de trabajo; dibujo y modelado arquitectónico. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3423-4011>

Entre sus publicaciones se encuentran:

Pinda, B., Villacis, D., Ramírez, K., Salas, W y Almeda, Y. (2018). *Herramientas estadísticas para la administración*. Ecuador: Universidad Regional Autónoma de los Andes.

Recepción: 21 de noviembre de 2019.

Aceptación: 17 de agosto de 2020.

