

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL URBANO EN EL MUNICIPIO DE REGLA (CUBA) UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

DAMIÁN ERNESTO TORRES SOTOLONGO¹ y PEDRO ROMERO SUÁREZ²

¹Instituto de Geografía Tropical
Calle 13, No. 409, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba
damiane@geotech.cu

²Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas
Avenida Salvador Allende No. 1110 entre Infanta y Avenida Rancho Boyeros. Quinta de los Molinos. Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba
lromerocu@instec.cu

RESUMEN

Este artículo muestra un procedimiento para la elaboración de mapas de Ruido Ambiental Urbano en el Municipio de Regla, perteneciente a la Ciudad de La Habana, Cuba. En ellos se realizaron zonificaciones acústicas para identificar las áreas afectadas por este tipo de contaminante ambiental. Como herramienta para lograr el objetivo planteado utilizamos el Sistema de Información Geográfica (SIG) *Mapinfo*, en su versión 11.0, y el módulo de análisis *Vertical Mapper* adjunto a éste. Como método de interpolación utilizamos el *kriging* para realizar la modelación, donde se obtuvieron 27 mapas que abarcan los horarios comprendidos entre las 8:00 am y las 7:00 pm, para dos días de la semana, jueves y sábado. Esto permitió identificar dos áreas con contaminación acústica en el municipio.

Palabras clave: interpolación espacial, zonificación acústica, ruido urbano, Regla, Cuba.

A PROCEDURE FOR ENVIRONMENTAL URBAN NOISE ANALYSIS IN REGLA'S MUNICIPALITY (CUBA) USING GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNIQUES

ABSTRACT

The goal of this article is to show a procedure for elaboration of noise maps in Regla's municipality, belonging to the Havana City, Cuba. In them acoustic zones were made to identify the areas affected by this type of environmental pollutant. As tool to achieve the outlined objective the geographical information system (GIS) *Mapinfo*, version 11.0, and its *Vertical Mapper* analysis module have been used. As interpolation method we use the *kriging* to carry out the spatial modelling. Finally 27 maps were obtained in the period between 8:00 am and 7:00 pm for two days

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

selected in the week, Thursday and Saturday. As a result, two acoustically polluted areas were identified in the municipality.

Key words: spatial interpolation, acoustic zoning, urban noise, Regla, Cuba.

1. Introducción

En las últimas décadas, el crecimiento vertiginoso de la población en las grandes ciudades, los medios de transporte y el desarrollo científico-técnico e industrial han dado lugar al aumento en los niveles de ruido urbano y, por consiguiente, a la contaminación acústica.

La exposición a elevados niveles de ruido es perjudicial para la salud y gran parte de la población no le da la importancia que esto merita, dejando pasar de forma desapercibida un contaminante ambiental que ocasiona efectos irreversibles con el paso del tiempo. El ruido y las ondas sonoras con una misma intensidad y frecuencia pueden llegar a dañar estructuralmente una edificación, debido a las vibraciones por la resonancia que produce, ocasionando en algunos casos derrumbes y modificaciones en el paisaje.

El municipio de Regla, perteneciente a la Ciudad de La Habana, concentra varias industrias, como la de fertilizantes "Gerardo Granda", las termoeléctricas "Antonio Maceo" y "Frank País", la refinería "Nico López", la fundición "Galainena", la derretidora de sebo y el saladero de cueros Cayo Cruz (Colectivo de autores, 2012). También posee una intensa actividad tanto vehicular como peatonal, calles estrechas con pavimentos rígidos y pocas áreas verdes, dando como resultado el aumento de los niveles de ruido que se generan.

En este trabajo se utilizó un SIG como herramienta principal para aplicarlo a la gestión integral del ruido urbano, ya que nos facilita la gestión de datos y la representación de los niveles sonoros obtenidos durante la elaboración de los mapas acústicos. Los resultados son la combinación de variables como: el efecto del ruido producido por los vehículos pesados, ligeros y el tráfico peatonal, entre otros, utilizando los decibelios dB(A) como indicador del ruido ambiental, de acuerdo a la norma cubana de ruido NC: 26: 2012 que plantea que por encima de 75 dB(A) estamos en presencia de ruido.

2. Materiales y métodos: desarrollo

Para la elaboración de los mapas de ruido se emplearon los siguientes materiales:

- Límite del municipio de Regla 1:2.000.
- Cartografía digital de las calles y manzanas 1:2.000.
- Mediciones puntuales de ruido con equidistancia cada 500 metros.

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

Como *software* para la interpolación se empleó el *Vertical Mapper* de MapInfo, el cual posee diferentes algoritmos que permitieron interpolar los datos a partir de puntos con valores conocidos de ruido.

Para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto se ejecutó el procedimiento siguiente:

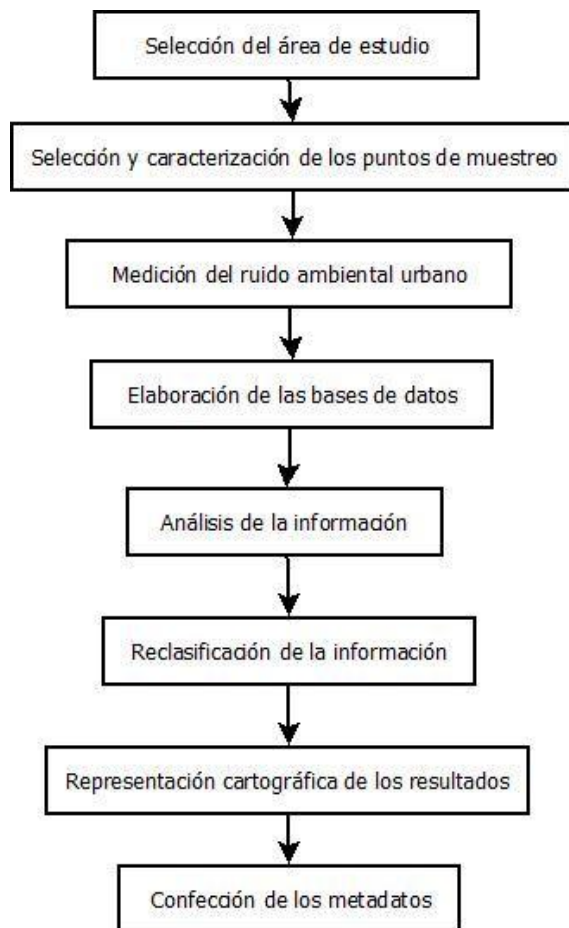


Figura 1. Diagrama de flujo de los procesos realizados. Elaboración propia.

2.1 Selección del área de estudio

Se revisó en la literatura las metodologías empleadas en los diferentes países donde se han realizado con anterioridad similares estudios de ruido. También se tuvieron en cuenta los estudios de ruido realizados en Cuba para consultar los criterios seguidos, el tipo de información geográfica y las metodologías utilizadas en los mismos. Se seleccionó el municipio de Regla por las siguientes condiciones: posee gran cantidad de industrias y fábricas, haciéndolo el más industrializado de la Ciudad de La Habana. Por otra parte, el mismo está muy urbanizado, manifestándose un auge de las

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

actividades comerciales junto a otros servicios. Igualmente tiene un elevado tráfico vehicular y carece de áreas verdes, lo que favorece la contaminación acústica.

2.2 Selección y caracterización de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se ubicaron a una distancia aproximada de 500 m unos de otros, en los lugares donde existía la sospecha de afectación por ruido, debido a la presencia de fábricas, grupos electrógenos, avenidas principales, centros comerciales, etc. (Figura 2).

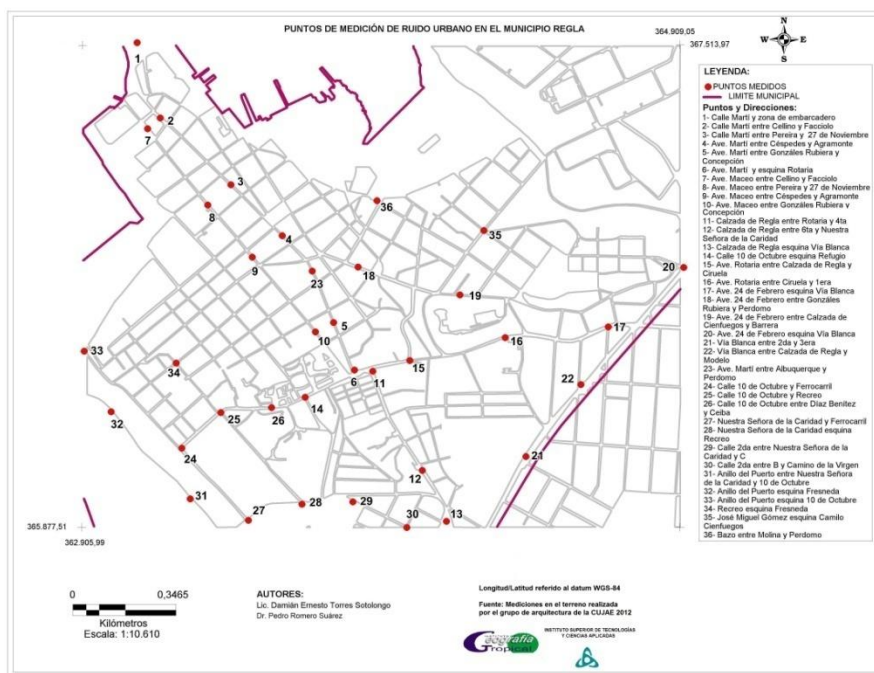


Figura 2. Ubicación de los puntos de medición. Elaboración propia.

Los puntos fueron georeferenciados mediante el uso de un geo-posicionador (GPS) para calcular la posición de los mismos, con un margen de error de 3 m, aproximadamente.

2.3 Medición del ruido ambiental urbano

Las mediciones de ruido en el terreno se realizaron con un Sonómetro integrador *Brüel Kjaer* clase 1, modelo 2230, siguiendo los siguientes pasos (Ambou, 2007):

- Se seleccionaron días y horarios para efectuar las mismas, teniendo en cuenta el estado del tiempo, ya que no debe haber lluvias, lloviznas, tormentas eléctricas y las superficies sobre las que se efectúen tienen que permanecer secas. Tampoco debe existir grandes diferencias

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

de temperatura y humedad en el caso que estas mediciones abarquen un gran número de horas en el día.

- Se utilizó el mapa de ubicación con los puntos de medición para colocar el sonómetro en el lugar indicado.
- Se midió la velocidad del viento a la altura del micrófono para que éste no sobrepasara los 3 m/s en el momento de realizar las mediciones de ruido.
- Se colocó el sonómetro a 1,10 m de distancia del límite de la vía y 1,20 m sobre el nivel del suelo.
- Se ubicó el sonómetro y el micrófono en dirección a la vía y perpendicular a la misma.
- El técnico que realizó las mediciones estuvo a 0,5 m de distancia del sonómetro.

A continuación se ilustran los últimos tres puntos de mayor importancia (figura 3).

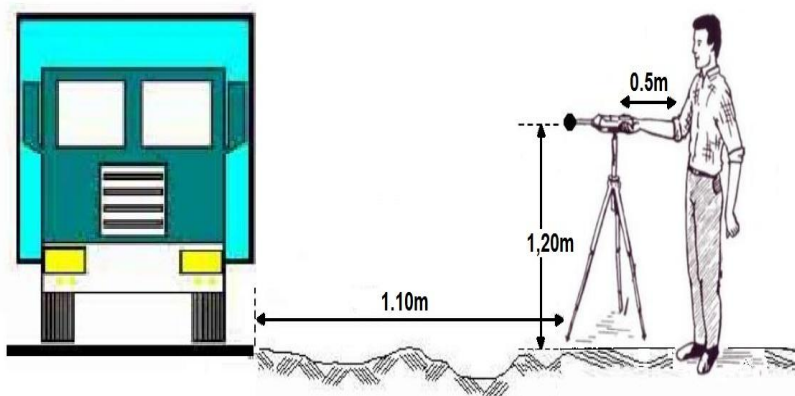


Figura 3. Técnico realizando mediciones acústicas. Elaboración propia.

En el sitio de medición deberá encontrarse solamente el técnico que realizará las mismas o el menor número de personas posibles, las cuales deberán permanecer detrás y lo más separado posible del instrumento de medición para evitar el apantallamiento del micrófono. Posteriormente, se deberá verificar que el equipamiento no presente ningún problema técnico, como por ejemplo: pantalla poco legible, baterías descargadas, mala calibración, etc. Además, el equipo deberá permanecer correctamente sujetado al trípode para que no experimente ningún tipo de movimiento durante el proceso.

Una vez encendido el equipamiento, se deberá seleccionar en el interruptor etiquetado como *Range* (rango) un rango específico con el fin de obtener una buena relación señal-ruido en la lectura. De las posiciones disponibles se elegirá la de 20-80 dB, para recoger una gama de datos que incluyan desde los estados óptimos de sonoridad (40-50 dB) hasta los niveles de contaminación (>75 dB), según la norma cubana de ruido que esté vigente en ese momento.

A continuación se deberá activar el interruptor etiquetado como *Weighting* (ponderación), para seleccionar dentro de las curvas de ponderación disponibles la Curva A. Ésta es la que más se asemeja a la percepción del oído humano y es utilizada para medir los niveles de ruido riesgosos

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

para el hombre. Por tal razón, esta curva es la seleccionada para elaborar las leyes y normativas que tratan sobre el ruido. El equipo permite seleccionar distintas velocidades para tomar las muestras, por lo que se deberá elegir el modo *Slow* (lento) para calcular el valor promedio eficaz en un segundo.

En cada punto y para cada horario deben realizarse mediciones cada 10 minutos durante una hora. El valor final para ese punto será la media aritmética de las seis mediciones realizadas. Los niveles de ruido registrados con el sonómetro podrán ser leídos y recogidos manualmente por el usuario, o también podrán ser descargados acoplando una computadora al mismo.

2.4 Elaboración de las bases de datos

Esta base de datos se confeccionó mediante el programa *Excel*, en su versión 2007, el cual ofreció la posibilidad de realizar diversos cálculos matemáticos, entre ellos, los promedios de las mediciones para cada uno de los días en los diferentes horarios. Esta base de datos contiene en la primera columna la cantidad de puntos medidos en orden ascendente; una segunda columna con la dirección de los mismos y en el resto de las columnas aparecen los valores de las mediciones realizadas en los diferentes horarios y días. Posteriormente, aparecen las columnas con los valores promedios de los días medidos. Una vez concluida, la versión final de la base de datos se exportó del *Excel*, con extensión (.xls), al formato de trabajo del SIG Mapinfo, con extensión (.tab) (figura 4).

Puntos	Dirección	_8_00_Jueves	_8_00_Sábado	_9_00_Jueves	_9_00_Sábado	_10_00_Jueves	_10_00_Sábado
1	Calle Martí y zona de embarcadero	57.6000	50.2000	55.0000	58.5000	58.5000	58.5000
2	Calle Martí entre Cellino y Facciolo	53.0000	51.0000	54.8000	56.5000	56.8000	59.0000
3	Calle Martí entre Pereira y 27 de Noviembre	57.6000	58.5000	61.3000	61.0000	62.6000	62.7000
4	Ave. Martí entre Céspedes y Agramonte	58.5000	58.5000	61.5000	61.5000	62.9000	62.9000
5	Ave. Martí entre Gonzáles Rubiera y Concepción	65.5000	60.3000	62.3000	62.4000	62.3000	62.7000
6	Ave. Martí y esquina Rotaria	73.9000	60.8000	72.2500	62.6000	72.1000	62.7000
7	Ave. Maceo entre Cellino y Facciolo	56.0000	52.5000	57.5000	56.0000	53.0000	55.0000
8	Ave. Maceo entre Pereira y 27 de Noviembre	56.8000	56.8000	57.6000	57.5000	60.0200	59.5000
9	Ave. Maceo entre Céspedes y Agramonte	61.0000	61.0000	61.9500	62.1000	62.6000	62.0000

Figura 4. Fragmento de la base de datos en Mapinfo. Elaboración propia a partir de los datos de ruido del municipio.

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

2.5 Análisis de la información

Para realizar las interpolaciones fue necesario comprender primeramente en que se basa cada método, así como el tipo de dato que vamos a tratar y la distribución que tienen en el espacio geográfico. Otro aspecto tenido en cuenta fue la existencia de un mapa de ruido de isolíneas del área de estudio, para utilizarlo como referencia una vez obtenida la interpolación.

Como no se tuvo un modelo de ruido de referencia al cual extraerles las isolíneas de ruido, para establecer comparaciones con las generadas por los distintos métodos de interpolación multivariable se calcularon los estadísticos descriptivos de los datos observados, del promedio total, seleccionados como prueba por resultar los valores más representativos. Una vez calculados los valores interpolados para cada uno de los métodos, se le calcularon sus respectivos estadígrafos, como se muestran en la tabla 1, así como las diferencias que existen entre los datos estimados y los observados (tabla 2). Para ello se tuvo en cuenta, principalmente, la diferencia entre los valores observados y estimados de la desviación estándar y el valor máximo (Coaguila, *et al.*, 2013).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los datos observados y estimados de ruido de los diferentes interpoladores espaciales.

Estadísticos	Datos observados	Datos Estimados					
		<i>kriging</i>	Vecino Natural	Triangulación	Rectangular	Distancia Inversa	Estimación de puntos personalizada
Promedio	62,60	62,63	62,47	63,17	61,27	62,83	63,08
Desv. Estand.	6,22	5,55	5,39	5,13	4,53	4,50	1,54
Varianza	38,77	30,86	29,11	26,34	30	20,28	2,36
Mínimo	46,46	46,51	45,50	46,45	46,47	47,47	59,28
Máximo	75,96	75,96	76,66	75,95	75,97	75,76	67,26

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de ruido del municipio.

Tabla 2. Diferencias entre los datos estimados y los observados para cada interpolador especial.

Estadísticos	Datos observados	Diferencias respecto a los datos observados					
		<i>kriging</i>	Vecino Natural	Triangulación	Rectangular	Distancia Inversa	Estimación de puntos personalizada
Promedio	62,60	0,03	0,13	0,57	1,33	0,23	0,48
Desv. Estand.	6,22	0,67	0,83	1,09	1,69	1,72	4,68
Varianza	38,77	7,91	9,66	12,43	8,77	18,49	36,41
Mínimo	46,46	0,05	0,96	0,01	0,01	1,01	12,82
Máximo	75,96	0	0,7	0,01	0,01	0,2	8,7

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de ruido del municipio.

Las mayores diferencias entre los datos observados y los estimados fueron obtenidas por los métodos "Estimación de puntos personalizada", "Distancia inversa" y "Distancia Rectangular", con

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

una desviación estándar de 4,68, 1,72 y 1,69, respectivamente. En cuanto a los valores máximos, las diferencias obtenidas por estos métodos fueron de 8,7, 0,2 y 0,01, respectivamente. Esto nos indicó que la precisión obtenida por los métodos anteriormente mencionados no fue favorable para estimar los valores de ruido.

El método de "Triangulación" y el de "Vecino Natural" obtuvieron resultados buenos, teniendo en cuenta que las diferencias entre los datos estimados y observados en la desviación estándar fueron de 1,09 y 0,83, respectivamente, mientras que las diferencias para el valor máximo fueron de 0,01 y 0,7, respectivamente, aproximándose a los datos observados.

De todos los métodos de interpolación utilizados para comparar con los datos de muestra, el que obtuvo el mejor resultado fue *kriging*, con una diferencia en la desviación estándar de solo 0,67. Por otra parte, el valor máximo coincidió exactamente con el de los datos de muestra, por lo que queda demostrado que resultó ser el mejor interpolador para generar nuestro modelo digital. Este método representó un margen de error muy bueno, teniendo en cuenta que para la modelación de datos espaciales con cualquier SIG el error permisible oscila entre 0 y 2.

Según Olivera *et al.* (2014) y González (2009), el *kriging* es un método geoestadístico de estimación de puntos que utiliza un modelo de variograma para la obtención de datos, calculando los pesos que se darán a cada punto de referencia usado en la valoración. Esta técnica de interpolación se basa en la premisa de que la variación espacial continúa con el mismo patrón. Es el método más ampliamente utilizado en los problemas ambientales. Parte del principio de que: puntos próximos en el espacio tienden a tener valores más parecidos que los puntos más distantes. La técnica del *kriging* asume que los datos recogidos de una determinada población se encuentran correlacionados en el espacio. Se considera este método el mejor estimador lineal insesgado o estimador lineal óptimo. Es lineal porque sus estimaciones son combinaciones lineales ponderadas de los datos existentes y es insesgado porque procura que la media de los errores sea casi nula, dando errores mínimos en la estimación.

No modificamos en este caso el tamaño de la celda pues al proponer un valor más pequeño se evita que se suavice y aumente el tamaño de la celda creada, lo que causaría pérdida de tiempo y demora durante el manejo de los datos interpolados. Por otra parte, si propusiéramos un valor mayor que el calculado por el *software* los objetos que se encuentran separados pudieran mezclarse, creando deformaciones e irregularidades durante la interpolación.

En cuanto al radio de búsqueda de los puntos, también dejamos el valor calculado por el programa. Si cambiáramos éste por un valor más pequeño se corre el riesgo que durante el proceso de búsqueda entre los puntos a considerar para la interpolación se queden fuera algunos de estos. Si, por el contrario, utilizamos un valor más grande, al ser mayor la distancia radial, la correlación espacial entre los puntos pudiera perderse. Finalmente, definimos el rango mínimo y máximo de nuestros puntos (figura 5).

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

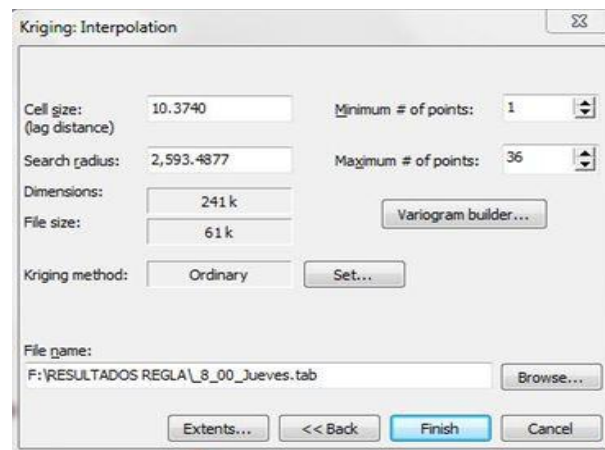


Figura 5. Definición del tamaño de celda, radio de búsqueda, así como valores mínimos y máximos. Extraído del módulo de análisis *Vertical Mapper*.

2.6 Reclasificación de la información

Para la confección de los mapas acústicos fue necesario destacar solamente los rangos utilizados por la norma vigente y desechar el resto que no resultan de interés; para ello, a cada rango se le asignó un color.

- Amarillo: para las zonas que están en estado muy óptimo de sonoridad (30-40 dB(A)).
- Naranja: para las zonas que también están en estado óptimo de sonoridad (40-50 dB(A)).
- Carmelita: para las zonas que están en estado aceptable de sonoridad (50-60 dB(A)).
- Azul: para las zonas que están en estado de alerta de contaminación (60-75 dB(A)).
- Rojo: para las zonas contaminadas (>75 dB(A)).

A continuación se muestra un ejemplo de la reclasificación realizada (figura 6).

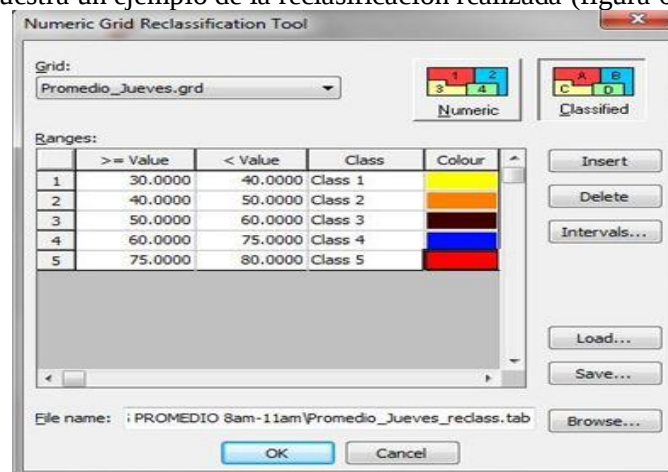


Figura 6. Asociación de colores según los rangos. Extraído del módulo de análisis *Vertical Mapper*.

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

2.7 Representación cartográfica de los resultados

Una vez terminadas todas las reclasificaciones, se confeccionaron los mapas finales, siguiendo los procedimientos propuestos por el Instituto de Geografía Tropical. Para ello se tuvieron en cuenta las normas y estándares que debían tener todas las salidas cartográficas que se generan en el centro, con el fin de lograr una homogeneidad en las mismas, minimizando los posibles errores cartográficos. A continuación se muestra un ejemplo de las normas y estándares utilizadas por la Vicedirección de Geomática del Instituto de Geografía Tropical de Cuba (Novoa *et al.*, 2013).

- Título: debe ir en mayúscula, centrado en el borde superior de la imagen.
- Mapa temático: debe quedar en el centro izquierdo de la imagen.
- Coordenadas planas rectangulares o geográficas: ubicadas en los bordes del mapa.
- Orientación: ubicada en el borde superior derecho de la imagen.
- Leyenda: debe estar localizada en la franja derecha de la imagen, siendo esta alargada hacia abajo.
- Escala, autores, institución, fuente, etc.: deben ocupar el borde inferior de la imagen.

2.8 Confección de metadatos

Una vez culminados todos los mapas, se realizaron sus metadatos. Como los mismos se diferenciaron en la hora y día de realización de las mediciones de ruido, se creó un metadato común para optimizar el trabajo del investigador.

Los metadatos de un mapa son los datos que se utilizaron para confeccionar éste, como por ejemplo: escala de trabajo de la información cartográfica, lugar donde se confeccionó el mismo, el propósito del mapa, la hora de su confección, entre otros aspectos. Para realizar los metadatos se utilizó un *software* llamado *Geonetwork*, en su versión 2.6.4, el cual es compatible con todos los SIG y, además, permite establecer conexión en la red con el fin de consultar, operar y extraer información geográfica útil para trabajar. Con este *software* se completaron todos los campos de carácter obligatorio y algunos opcionales con las especificaciones utilizadas a la hora de confeccionar los mapas de ruido (tabla 3).

Tabla 3. Datos de la cartografía digital empleada en los mapas de ruido.

Título de los mapas	Ruido urbano en el Municipio de Regla
Tipo de datos geográficos	Cartografía digital en formato vectorial proveniente del Grupo Empresarial GeoCuba
Formato de presentación de los resultados	Imagen digital
Escala de trabajo	1:2.000
Sistema de referencia	Longitud/Latitud referido al Datum WGS – 84
Proyección	Cónica Conforme de Lambert NAD – 27 Cuba Norte
Procedimientos	Vice-dirección de Geomática del Instituto de Geografía Tropical
Normas empleadas	NC: 26: 2012

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

Descripción del área	Municipio altamente urbanizado e industrializado
Propósito del mapa	Gestionar el ruido ambiental mediante una zonificación acústica del Municipio de Regla y determinar las áreas que están sometidas a este contaminante
Fecha de elaboración del metadato	13:09:2014 3:00 PM
Fecha de adquisición de la información	06:03:2013 1:00 PM
Fecha de culminación del trabajo	13:09:2014 3:00 PM
Información suplementaria	Se tomaron 36 puntos de muestra en el municipio de Regla para realizar mediciones de ruido ambiental, con el objetivo de hacer mapas acústicos
Autor del metadato	Lic. Damián Ernesto Torres Sotolongo
Institución	Instituto de Geografía Tropical
Cargo	Especialista para la ciencia, la tecnología y el medio ambiente
Área administrativa	Medio ambiente
Ciudad	La Habana
Código postal	10700
Correo electrónico	damiane@geotech.cu
País	Cuba
Lenguaje	Español

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados promedio de ruido obtenido el jueves de 8 am-7 pm, se encuentran en estado aceptable (50-60 dB(A)) el área donde se ubican los puntos: 1, 2, 7, 34, 29 y 30. Se encuentran en estado de alerta de contaminación (60-75 dB(A)) el área donde se encuentran ubicados los puntos: 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 35, 36. Resultó como contaminante con un rango mayor de 75 dB(A) el área donde se encuentran ubicados los puntos 21 y 22 (figura 7).

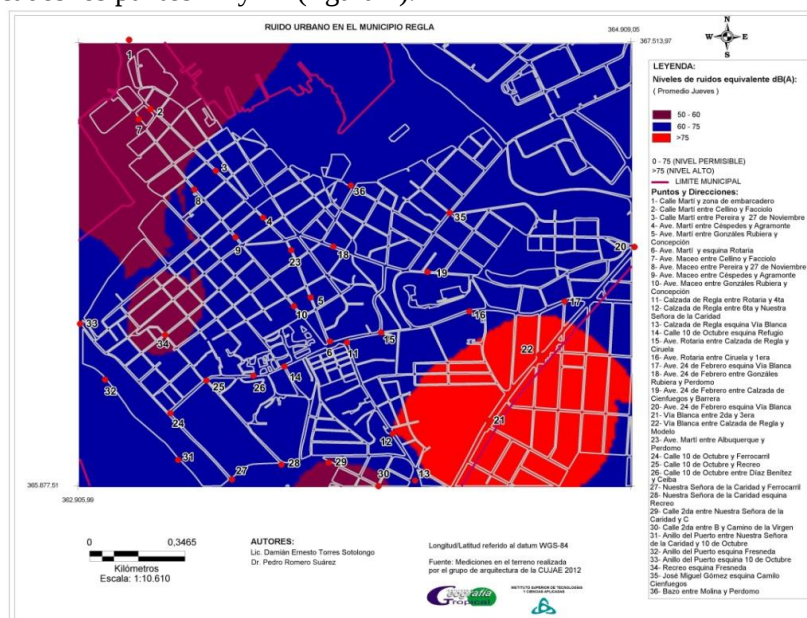


Figura 7. Ruido urbano en el municipio de Regla. Promedio jueves. Elaboración propia.

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

Según los resultados promedio de ruido obtenido el sábado de 8 am-7 pm, se encuentra en estado óptimo de sonoridad (menores de 50 dB(A)) el área donde se encuentra el punto 34. Se encuentra en estado aceptable (50-60 dB(A)) el área donde se ubican los puntos 1, 2, 7, 36, 23, 28, 27, 29 y 30. Se encuentra en estado de alerta de contaminación (60-75 dB(A)) el área donde se encuentran ubicados los puntos: 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 31, 32, 33, 35.

Resultó como contaminante, con un rango mayor de 75 dB(A), el área donde se encuentran ubicados los puntos 21 y 22 (figura 8).

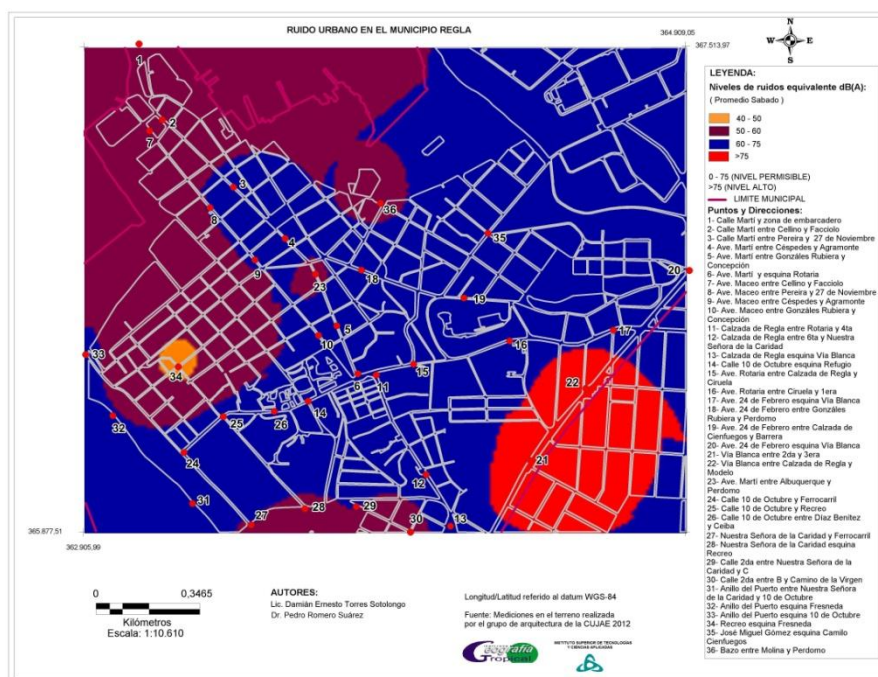


Figura 8. Ruido urbano en el municipio de Regla. Promedio sábado. Elaboración propia.

Según los resultados de los valores promedios de ruido durante las mediciones realizadas entre jueves y sábado, se encuentra en estado óptimo de sonoridad (menores de 50 dB(A)) las áreas donde se encuentran los puntos 30 y 34. En estado aceptable (50-60 dB(A)) se encuentra el área donde están los puntos: 1, 2, 7, 24. En estado de alerta (60-75 dB(A)) se encuentra el área donde están los puntos: 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 36. Resultó como contaminante, con un rango mayor de 75 dB(A), el área donde se encuentran ubicados los puntos: 13, 21 y 22 (figura 9).

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

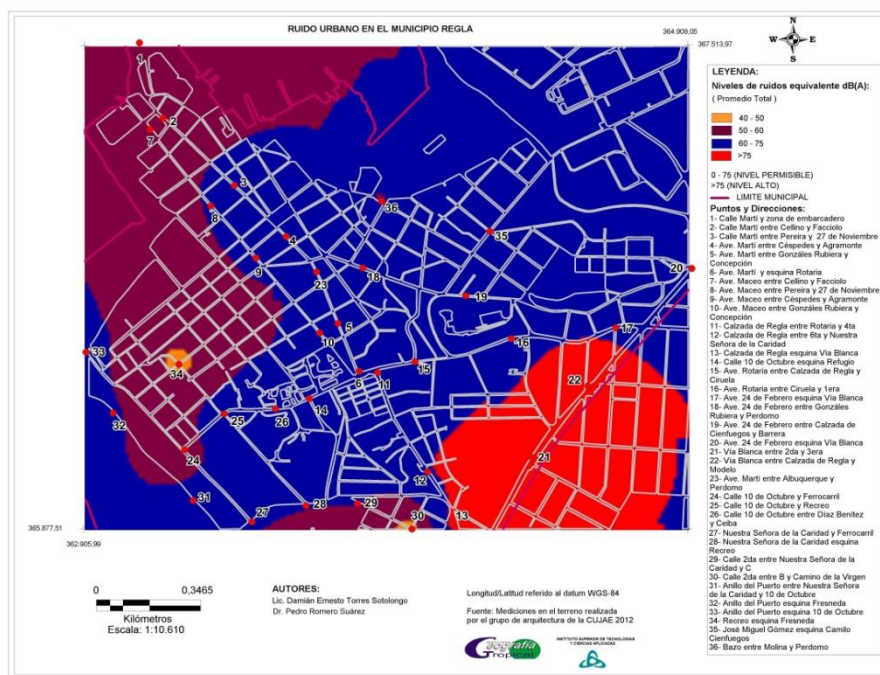


Figura 9. Ruido urbano en el municipio de Regla. Promedio entre jueves y sábado.
Elaboración propia.

3. Discusión y valoración de hallazgos

Según Guzmán (2006), en estudios de ruido ambiental urbano realizados en departamentos de París (Francia) en el 2005, se obtuvieron niveles de ruido superiores a los 70 dB(A) y, en el mismo año, en distritos de Madrid (España) se alcanzaron niveles superiores a 65 dB(A). En el año 2004, en condados pertenecientes a la ciudad de San Francisco (Estados Unidos) se detectaron niveles por encima de los 68 dB(A). En similares estudios efectuados en municipios pertenecientes a la Ciudad de La Habana los niveles de ruido alcanzaron valores por encima de los 75 dB(A), lo que supera los niveles máximos permitidos en las normas internacionales y la norma cubana (Ambou, 2007; Fajardo, 2012).

Este procedimiento permitirá unificar un conjunto de metodologías y criterios que, hasta el momento, se han aplicado de forma separada en estudios puntuales. El uso del sonómetro como instrumento de medición proporciona confiabilidad en la información obtenida en el terreno. La cantidad de puntos de medición seleccionados son representativos para el estudio acústico y el hecho de llevar la información a un SIG por primera vez permite interpolar los datos, mostrando el comportamiento estimado del ruido. Los mapas de ruido son efectivos para prevenir la contaminación acústica, lo que resulta una herramienta novedosa para Cuba en la actualidad.

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

4. Conclusiones

1. El procedimiento diseñado permitió verificar los niveles de exposición al ruido y compararlos con la legislación cubana, estableciendo asociaciones entre las fuentes de ruido y las zonas afectadas.
2. Los resultados obtenidos permitieron dividir el territorio en cuatro áreas, donde la zona en estado de contaminación (color rojo) ocupa una extensión de 0,39 km², enclavada en la Vía Blanca, carretera que tiene un elevado tráfico vehicular, por la que circulan gran número de vehículos pesados. Asimismo, está localizada la fábrica de aluminio "Novalum" y la industria sideromecánica "Elio Llerena".
3. La zona en estado de alerta (color azul) corresponde a un área de 2,18 km², la cual está altamente urbanizada y se desarrollan diversas actividades comerciales, deportivas, de servicio y ocio. Presentes están la refinería "Nico López"; los molinos de cereales "Turcios Lima" y "José Antonio Echeverría"; la fábrica de hormigón "Hermanos Amejeiras"; la fábrica de materiales de la construcción; la industria productora de alimentos cárnicos "Prodal" y los grupos electrógenos ubicados en la comunidad de Loma Modelo. El tráfico vehicular es alto debido a la industrialización.
4. La zona en estado aceptable (color violeta) abarca una superficie de 0,71 km², mucho menos urbanizada, donde no hay tanta concentración de servicios públicos. No obstante, está ubicada la termoeléctrica "Antonio Maceo"; los talleres de reparación de ómnibus metropolitanos; la fábricas "Suchel Cetro" de cosméticos y perfumería y la de envases plásticos "Poliplas". El tráfico vehicular es más bajo que en las áreas anteriormente analizadas.
5. La zona en estado óptimo (color naranja) posee solamente 0,0081 km², la cual casi no tiene urbanización y en la misma no se desarrollan actividades industriales y muy pocas de servicios.

Referencias bibliográficas

- Ambou, A. (2007): *Estudio estadístico de vías urbanas de La Habana*. Cuba.
- Ausejo, M. (2009): *Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de los mapas de ruido*. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Barceló, C. (1989): *Algunos efectos psicológicos del ruido ambiental*. Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología. Cuba.
- Berglund, B. et al. (2000): *Guidelines for community noise*. World Health Organization. Ginebra. Suiza.
- Coaguila, D. et al. (2013): *Análisis comparativo de métodos de interpolación espacial utilizando datos de ruido*. Simposio Brasileño de Sensores Remotos. Brasil.

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 (Informes y aplicaciones)*, nº14, p 1-15. ISSN: 1578-5157

COITT (2008): *Efectos del ruido ambiental en la sociedad y su percepción por parte de la ciudadanía*. Universidad de Valencia. España.

Colectivo de autores (2012): *Servicio científico técnico cartografía digital sónica del municipio de Regla*. Informe parcial. Instituto de Geografía Tropical. Cuba.

Fajardo, A. (2012): *Evaluación del ruido producido por el transporte automotor en la calle Aguilera en el Centro Histórico de Santiago de Cuba*. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. Cuba.

García, A. (2004): "La exposición cotidiana al ruido ambiental", *Revista de Acústica*, 35(3-4), pp. 36-41. Consulta: 8-08-2014. Disponible en <http://www.ia.csic.es/sea/revista/VOL35-34/05.pdf>.

González, C. (2009): *Geoestadística aplicada*. UNAM. México.

Guzmán, R. (2006): *Estimación de la contaminación sonora del tránsito en la Ciudad de La Habana*. Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología. Cuba.

Harris, C. (1998): *Handbook of acoustical measurements and noise control*. Acoustical Society of America. USA.

Kang, J. (2001): "Sound propagation in interconnected urban streets a parametric study". *Environment and Planning*, 28(2), pp. 281-294.

Moreno, A. y Martínez, P. (2005): "El ruido ambiental urbano en Madrid. Caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 40, pp. 153-179.

NC:26 (2012): *Ruido en zonas habitables. Requisitos higiénicos Sanitarios*. Norma Cubana.

Nicolás, F. (2004): *Métodos estadísticos en problemas espaciales*. Instituto de investigaciones estadísticas. Universidad de Tucumán. Argentina.

Novoa, O. et al. (2013): *Procedimientos de geomática para la creación de mapas temáticos*. Instituto de Geografía Tropical. Cuba.

Olivera, J., et al. (2014): *Análisis de la calidad de un modelo digital a partir de distintas técnicas de interpolación como apoyo al ordenamiento ambiental*. Instituto de Geografía Tropical. Cuba.

Oosterlynck, S. & Swyngedouw, E. (2010): "Noise reduction the postpolitical quandary of night flights at Brussels airport", *Environment and Planning*, 42(7), pp. 1577-1594.

Organización Mundial de la Salud. (1999): *Guidelines for Community Noise*. Consulta: 25-06-2014. Disponible en <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>.

Organización Mundial de la Salud. (2014): *Valores guía para el ruido*. Consulta: 25-06-2014. Disponible en <http://www.acústica.net/valores-guia-para-el-ruido-organizacion-mundial-de-la-salud-oms/>.