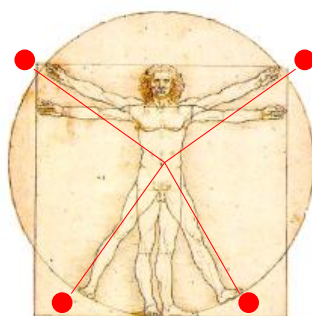


TECNOLOGÍ@ y *DESARROLLO*

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

VOLUMEN XIV. AÑO 2016

SEPARATA



LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL GENERADA POR EL TRÁFICO RODADO EN LOS CENTROS HISTÓRICOS

Alberto Ventoso del Rincón , David Martín Ruiz



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Alberto Ventoso del Rincón , David Martín Ruiz
Mayo, 2016.

<http://www.uax.es/publicacion/la-contaminacion-ambiental-generada-por-el-trafico-rodado-en-los-centros.pdf>

© De la edición: *Revista Tecnología@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

Editor: Javier Morales Pérez – tecnologia@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL GENERADA POR EL TRÁFICO RODADO EN LOS CENTROS HISTÓRICOS

Alberto Ventoso del Rincón (a), David Martín Ruiz (b)

(a) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Tf: 646 58 09 72 email: avdelrincon@gmail.com

(b) Dr. por la Universidad Alfonso X El Sabio. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Escuela Politécnica Superior. Área de Ingeniería Civil. Tlf: 918105087, email: druizmar@uax.es

RESUMEN:

Los centros históricos de las ciudades son entornos de máximo riesgo desde el punto de vista medioambiental. No es solo el aspecto externo de los edificios, sino el entorno en sí mismo el que está sufriendo una continua interacción con el medio circundante, que es cada vez más agresivo.

El tráfico rodado es uno de los principales causantes de esta negativa interacción en dos aspectos principales: la emisión de contaminantes gaseosos y la contaminación acústica.

La prohibición total del tráfico en estos entornos no siempre es posible y, en cualquier caso, se realiza sin aplicar una metodología sistemática que permita una evaluación de las diferentes posibilidades que se pueden plantear en cada caso.

Este modelo, basado en parámetros reales y ecuaciones contrastadas, capaz de calcular y cuantificar las emisiones tanto gaseosas como acústicas y generar una serie de medidas de reducción de las mismas para hacer cumplir la normativa vigente en cada caso.

PALABRAS CLAVE:

Contaminación, ruido, tráfico, modelo, variable.

ABSTRACT:

The historical centers of the cities are environments at greatest risk from an environmental point of view. Not only the external appearance of buildings, but also the environment itself which is undergoing a continuous iteration with the surrounding environment which is increasingly aggressive.

Road traffic is one of the main causes of this negative iteration based on two main aspects: the emission of gaseous pollutants and noise pollution.

The traffic ban in these environments is not always possible and in any event is performed without applying a systematic methodology to evaluate the different possibilities that may arise in each case.

This model is based on real parameters and proven equations, and is capable of calculating and quantifying both gaseous emissions and noise and generate a series of measures in order to reduce them to enforce the regulations in each case.

KEY-WORDS:

Pollution, noise, traffic, model, variable.

SUMARIO: 1. Antecedentes, 2. Los efectos del tráfico rodado sobre los centros históricos, 3. Los modelos de predicción de la contaminación ambiental generada por el tráfico rodado, 4. El modelo propuesto, 5. Conclusiones, 6. Referencias

1. Antecedentes

El tráfico rodado en las grandes ciudades es una de las asignaturas pendientes que aún tienen las administraciones de todos los países del denominado primer mundo.

Pese a las múltiples medidas adoptadas, la mejora de las motorizaciones y de los combustibles, el incremento de la intensidad horaria, sobre todo en determinadas etapas del día, está generando un grave problema medioambiental que no puede ser paliado con la prohibición total del mismo debido a los numerosos problemas colaterales que esta medida puede crear.

El crecimiento que han sufrido las grandes ciudades en los últimos treinta años ha generado un gran problema en la estructura urbana, el deterioro ambiental de los centros históricos. Una de las causas de este deterioro, no la única, es el tráfico rodado, unas veces porque no se han adoptado las medidas oportunas y otras, las más, porque las medidas adoptadas han sido ineficaces o erróneas, el caso es que se ha generado un caos que no tiene en este momento una solución sencilla.



Figura 1. Madrid. Calle de Segovia.

Fuente: Elaboración propia.

Según apunta Joaquín Santamaría, en su trabajo “Centros históricos: análisis y perspectivas desde la geografía” (Alicante, 2013):

“Desde el punto de vista funcional, los cascos antiguos se definen por un marcado carácter multifuncional, ya que en ellos conviven funciones residenciales, comerciales, religiosas, administrativos, lúdicas, etc. La diversificación de actividades aporta una gran riqueza a la vida urbana que en ellos se desarrolla. No obstante, esta riqueza se pierde, en buena medida, cuando el sector terciario penetra de forma desmedida o cuando quedan convertidos en espacios museos carentes de vida urbana.”

Este problema se ha afrontado en numerosas ciudades, en Madrid por ejemplo, en el barrio de Lavapiés, uno de los lugares más emblemáticos de la capital de España, se ha creado una gestora para dar respuesta a los problemas no solo sociales si no de infraestructura.

En este barrio, donde existe una telaraña de pequeñas calles, el tráfico es irregular y caótico, con una velocidad media que no supera los 7 km/hora, los atascos son importantes y aunque su intensidad no es excesiva, si lo son los efectos que genera.



Figura 2: Madrid. Calle de la Cruz.

Fuente: Elaboración propia.

En otros países como en Colombia, algunos centros históricos han sido transformados en centros financieros, tal y como expresan, Beatriz Martínez de V. y María del Pilar Aguilar M. en su trabajo: “Movilidad, ambiente y centros históricos: Una reflexión a propósito del sector de la candelaria, Bogotá D. C., Colombia” (mayo de 2007), en él hablando de la movilidad sostenible en los centros históricos, se apunta que:

“En el siglo XX e intensificándose después de la década de 1950, se dio una creciente especialización de actividades en el centro de la ciudad: operaciones financieras en el Centro Internacional, actividades comerciales en San Victorino, y funciones de administración, educación y cultura en lo que hoy denominamos el Centro Histórico.

Esta especialización de actividades estuvo acompañada además del tren, el tranvía y el transporte colectivo de buses por la aparición del automóvil de uso particular, hecho que constituyó un evento transformador del escenario de la movilidad en Bogotá y en particular del Centro Histórico, al ser un sistema que permitía una mayor cobertura y flexibilidad en contraposición a los efectos ambientales, los impactos en salud y la accidentalidad causados por su utilización.



Figura 3. Madrid. Calle de Atocha.

Fuente: Google Maps.

Esta actividad ha generado en el centro histórico unos valores de contaminación tanto acústica como atmosférica de gran importancia.

En cuanto a la acústica se han alcanzado valores cercanos a los 73 DbA en la horas centrales del día, valores por otro lado igualados e incluso superados en el centro histórico de Madrid, y valores de concentración de contaminantes no admisibles con la actual legislación, aunque esta no es la misma en los diferentes países.

Según apunta El Periódico EL MUNDO:

(<http://www.elmundo.es/elmundo/2007/03/07/ciencia/1173282702.html>)

“La contaminación de las grandes ciudades españolas se debe, en un 80%, al tráfico rodado, en especial a una pequeña porción (un 20%) de los vehículos que son "altamente contaminantes", como consecuencia de "un sistema de control de emisiones muy pasivo".

Esta es la principal conclusión aportada por las jornadas 'Pensando en Madrid', que se celebraron en la capital, en el Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid (COIIM).

En ellas la directora del Instituto de Estudios del Transporte de la universidad inglesa de Leeds, Margaret Bell, aseguró:

“En las grandes ciudades europeas "se echa en falta" un método para "medir y predecir" los flujos de tráfico "más calientes" que generan los niveles de contaminación referidos.

Si se llevase a cabo la medición del tráfico en las zonas más concurridas, los planes de calidad del aire previstos en la normativa de las ciudades podrían contar con nuevos elementos de gestión para actuar sobre el agente más determinante en la contaminación atmosférica de las urbes”.

Dentro de este contexto y en el mismo evento, Francisco García-Blanch, experto en evaluación de políticas comunitarias, apuntó que "dos terceras partes" de la contaminación urbana en España podría estar causada por un 20% de vehículos "altamente contaminantes", que sumarían un total de dos millones de coches.

La existencia de este parque de vehículos es consecuencia de "un sistema de control de emisiones muy pasivo" y dependiente de la Inspección Técnica de Vehículos (ITV) mucho menos "riguroso" que el existente en Estados Unidos.

Por último, García-Blanch afirmó que, en su opinión, las entidades locales, facultadas para efectuar los controles de las emisiones de partículas y dióxido de carbono de los coches, "han abandonado totalmente esta práctica”.

Dentro de este contexto es donde se engloba el modelo que proponemos, un modelo capaz, no solo de predecir estos niveles indeseables de contaminación tanto atmosférica como acústica, sino de generar una herramienta que sea capaz de dar un instrumento de decisión fiable a las autoridades y aquellos estamentos con poder de decisión en la materia.

2. Los efectos del tráfico rodado sobre los centros históricos

Ya Rosvall (1988) cuantificó los daños en los materiales empleados en edificios históricos y monumentos, tales como piedras, ladrillos, tejas, morteros, vidrieras, etc., concluyendo que la contaminación atmosférica era una importante fuente de pérdidas económicas en áreas urbanas.

Posteriormente Bernardo Hermosín (1995) en su trabajo: “*Efectos de la contaminación atmosférica sobre el patrimonio histórico. Deposición de compuestos orgánicos y formación de costras negras sulfatadas*”, apuntó que las actividades de la sociedad industrializada han contribuido a una aceleración drástica de la degradación de estructuras pétreas pertenecientes a obras históricas, hasta el punto que, en muchos casos, es posible percibir claramente en una sola generación, la alteración de monumentos construidos hace centurias e incluso milenios.

No vamos a entrar aquí en un desarrollo de todos los efectos químicos negativos en las fachadas de los edificios, ni en los efectos globales que genera el tráfico rodado en el entorno de los centros históricos, solo apuntar que es preciso conocer con exactitud estos efectos y así poder adoptar las medidas pertinentes para la reducción o eliminación total de estos efectos, sin que por ello se produzca un profundo menoscabo en el futuro desarrollo urbano y social de los mismos.

3. Los modelos de predicción de la contaminación ambiental generada por el tráfico rodado

Desde los años 80 se han venido desarrollando modelos de implementación de tráfico con criterios de limitación medioambiental (Magro, R. 1989. Diseño de un procedimiento secuencial para asignación de vehículos a una red viaria urbana con incorporación de criterios limitativos de volumen de tráfico para la protección de la calidad del aire urbano y el nivel de ruido ambiental.).

Dentro de este concepto y durante los treinta años siguientes se han desarrollado modelos de predicción tanto de la contaminación atmosférica como la acústica. Estos modelos son de muy diferente índole, desde los estadísticos basados en análisis de datos medidos in situ, como el presentado por J.Morales en su tesis doctoral sobre un modelo de predicción de ruido generado por el tráfico rodado en ciudades, hasta modelos empíricos basados en predicciones temporales.

Entre los más reseñables destacan:

- NMPB-Routes-96 (Francia)
- RLS 90 (Alemania)
- FHWA (EEUU)
- CONAMA (Chile)

Modelos de Samaras y otros de la Universidad de Salónica, etc.

Así mismo existen muchos otros modelos y algoritmos no desarrollados para centros urbanos pero que podrían ser utilizados con algunos cambios.

4. El modelo propuesto

El modelo que se propone es un modelo de asignación de flujos de tráfico mediante restricciones medioambientales. Estas restricciones se realizarán por dos motivos:

1. Emisiones de contaminantes
2. Niveles acústicos

En ambos casos, el desarrollo es similar y para ellos se han realizado dos pasos previos:

- Análisis de las expresiones matemáticas de restricción.
- Variables que configuran el modelo.

4.1 Análisis de las expresiones matemáticas de restricción

Cuando nos planteamos realizar el modelo teníamos claro que no queríamos seguir el camino ya propuesto en otros estudios de carácter similar en la que se desarrollaba un modelo estadístico basado en un gran número de mediciones realizadas “in situ”, trabajo en el que participamos algunos de los integrantes de este equipo.

Queríamos transponer a este modelo ecuaciones que ya se habían contrastado en otros ámbitos diferentes, pero que su funcionamiento era óptimo.

Para ello se analizaron diferentes tipos de ecuación englobadas en lo que podríamos plantear como fenómenos de transporte o sea todos aquellos fenómenos físicos que implican un transporte de energía sea del tipo que sea y la resistencia que opone el medio a que la energía se transmita a través de él.

Se analizaron ecuaciones de calor, de radiación, de transmisión de ondas de presión, y de fenómenos hidráulicos tanto de tuberías en presión como en canales.

En todas ellas encontramos un denominador común, que la resistencia del medio al movimiento, era siempre proporcional a la longitud del tramo estudiado e inversamente proporcional a la geometría o anchura de la vía, tubería. Esta última con un coeficiente que era variable según el medio, pero que oscilaba entre 1 y 2.

Además todas las ecuaciones dependían de una constante que era función del rozamiento, o sea la resistencia del medio, rugosidad o cualquier otra variable física, pero variable que permanecían constantes según el tipo de material utilizado, ósea lo que podríamos llamar entorno y tipología de vehículos.

Al final nos decantamos por el modelo de redes de abastecimiento de Cross y a las ecuaciones de Darcy, debido a una serie de razones y similitudes físicas. Por ello se asimiló una red urbana a una red de abastecimiento en presión en la que el caudal era representado por el tráfico de vehículos, la dimensión de la tubería por la geometría de la vía y las pérdidas de carga serían nuestras restricciones medioambientales.

Las expresiones matemáticas del modelo es la siguiente:

$$\Delta H = \text{cte. (Variables del modelo con influencia estadística)}$$

4.2 Descripción de las variables

En la emisión de niveles acústicos producidos por los vehículos se distinguen principalmente dos, los producido por el contacto entre el neumático y el pavimento, donde adquiere mayor importancia a velocidades más altas, y los niveles producidos por la mecánica del vehículo, los producidos por el motor, el sistema de emisión de gases, y otros, que adquieren mayor importancia a menores velocidades debido al tiempo de exposición de los mismos en un determinado punto.

En relación con las emisiones, podemos apuntar, que la motorización, la velocidad media, la geometría de la vía y ciertas condiciones atmosféricas como las variables más influyentes en el modelo, datos ya constatados en trabajos anteriores realizados por este equipo.

Por ello, diferenciamos 4 grupos de variables que afectan directamente al objeto de este estudio:

1. *Tráfico*. El tráfico es la fuente de emisión de los niveles acústicos y representa las variables a eliminar para cumplir con los límites de restricción marcados.
2. *Geometría de la vía*. Es el conjunto de variables que afectan directamente al emisor.
3. *Entorno*. Son el conjunto de variables que afectan a la propagación del ruido.
4. *Variables acústicas y atmosféricas*, son las unidades de medida para la evaluación de los niveles de contaminación acústica y atmosférica y representan el elemento de restricción para las diferentes fuentes de emisión.

Las variables que se han utilizado son las siguientes:

TRÁFICO.

1. Composición del tráfico.
2. Intensidad.
3. Velocidad media.

GEOMETRÍA DE LA VÍA

1. Número de carriles.
2. Anchura de carril.
3. Anchura de la acera.
4. Sentidos.
5. Separación entre sentidos.
6. Carril bus.

7. Estacionamientos.
8. Pendiente.
9. Tipo de pavimento.
10. Obstáculos.
11. Visibilidad.
12. Usos del suelo.
13. Intersecciones.

ENTORNO

1. Edificaciones.
2. Meteorología.
3. Vegetación.

ACÚSTICAS Y ATMOSFERICAS

1. Variables acústicas.
2. Variables de concentración de gases.

4.3 Resultado del modelo

Este modelo puede ser usado de dos maneras diferentes, a saber:

- En una red viaria, para el cálculo del flujo de tráfico optimo
- Mostrando las alternativas de ruta entre dos puntos de la ciudad

Los siguientes gráficos muestran los resultados de estas dos aplicaciones:



Figura 4. Red viaria.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Alternativas de trayecto

Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

El modelo presentado es capaz de medir las emisiones acústicas y atmosféricas generado por los diferentes flujos de tráfico y de esta manera distribuir la restricciones óptimas de tráfico en diferentes tramos de la red viaria.

Para ello, se han utilizado varios métodos de cálculo de ingeniería hidráulica como el método de Cross y las ecuaciones de Darcy.

El modelo tiene una aplicación muy sencilla y no requiere experiencia previa, tan solo conocimientos básicos de las normas de tráfico. Además, es necesario conocer los efectos de la contaminación acústica y atmosférica en los centros históricos de las ciudades grandes.

Por lo tanto, esto último muestra un modelo muy útil para el diseño de carreteras libres de contaminación acústica y atmosférica. El desarrollo de este modelo está actualmente en la fase de formulación y verificación final.

6. Referencias

- Herminos B. (1995) "Efectos de la contaminación atmosférica sobre el patrimonio histórico. Deposición de compuestos orgánicos y formación de costras negras sulfatadas"
- Magro R. (1989). "Diseño de un procedimiento secuencial para asignación de vehículos a una red viaria urbana con incorporación de criterios limitativos de volumen de tráfico para la protección de la calidad del aire urbano y el nivel de ruido ambiental"
- Martínez B. and. Aguilar MP : "(Mayo 2007) " Movilidad, ambiente y centros históricos: Una reflexión a propósito del sector de la candelaria, Bogotá D. C., Colombia "
- Bell M. "Pensando en Madrid", que se celebraron en la capital, en el Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid (COIIM).
- Santamaria J. Alicante, 2013 " Centros históricos: análisis y perspectivas desde la geografía "
- Retana MJ, Magro R., Garcia T. y Abad L. 2010. Diseño de una propuesta de modelización de sistemas medioambientales y su aplicación a los modelos espaciales de sostenibilidad de núcleos urbanos.