



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



EXPERIMENTO PARA LA MEDICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE POR LOS BICIUSUARIOS Y EVALUAR SI CUMPLE CON LOS LÍMITES PERMISIBLES EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ

Lina Valeria Moya Rodríguez, Daniel Alexander Álvarez Cepeda, Sonia Lucila Meneses Velosa

**Universidad Libre de Colombia
Bogotá, Colombia**

Resumen

Bogotá actualmente considerada la capital mundial de la bicicleta avanza cada día para convertirse en un ejemplo de movilidad sostenible, sin embargo, los biciusuarios de la ciudad que a diario realizan más de 850.000 viajes están expuestos a una deficiente calidad de aire que ha traído como consecuencia un alto nivel de infecciones respiratorias agudas. En la universidad Libre sede Bosque Popular aproximadamente 600 estudiantes, docentes y administrativos se movilizan por medio de la bicicleta (dato según encuestas e información de National Parking), enfrentándose diariamente a diferentes problemáticas, entre ellas la exposición a altas dosis de material particulado producto de las emisiones de vehículos, industrias, buses del transporte público, entre otros; Las cuales generan enfermedades respiratorias que pueden afectar seriamente la salud de los bici usuarios.

Por esta razón, se hace un experimento con el fin de medir la dosis de material particulado respirable por los Biciusuarios en su proceso de movilidad diariamente sobre una ruta específica en la Localidad de Engativá, con un tamaño de muestra representativo. Se busca medir el material particulado (PM 10 y PM 2.5), compararlo con los límites permitidos y caracterizar las variables que afectan la dosis respirable. Para los resultados se realizará un análisis de correlación de variables y gráficos X-R los cuales permitirán identificar el comportamiento de los datos y con base en estos generar estrategias de tratamiento del riesgo, las cuales ayuden a que los biciusuarios

disminuyan la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias por la exposición a este contaminante.

la complejidad del experimento está en el ambiente de toma de muestras, que son las rutas de Biciusuarios, en ambiente abierto donde existen aspectos no controlados en contraste con un muestreo higiénico en un espacio laboral normal y la realización de un estudio de higiene industrial aplicado al tema de movilidad en bicicleta, el cual no se ha realizado anteriormente.

Para nosotros es importante resaltar los niveles de riesgo a los cuales están expuestos los biciusuarios y cómo su salud se ve afectada diariamente por la contaminación y más siendo ellos una comunidad en continuo crecimiento en los últimos tiempos.

Palabras clave: material particulado respirable; biciusuarios; higiene industrial

Abstract

Bogotá, currently considered the world capital of the bicycle, is advancing every day to become an example of sustainable mobility, however, the bicyclists in the city who daily carry out more than 850,000 trips are exposed to a deficient quality of air that has brought as a consequence a high level of acute respiratory infections. In the University Libre – Bosque popular, approximately 600 students, teachers and administrators mobilize by bicycle, facing daily different problems, including exposure to high doses of particulate material product of vehicle emissions, industries, transportation buses public, among others; Which generate respiratory diseases that can seriously affect the health of bike users.

For this reason, an experiment is carried out in order to measure the dose of respirable particulate material by the Biciusuarios in their daily mobility process on a specific route in the locality of Engativá, with a representative sample size. The aim is to measure the particulate material (PM 10 and PM 2.5), compare it with the permitted limits and characterize the variables that affect the respirable dose. For the results, a correlation analysis of variables and XR graphs will be performed, which will allow to identify the behavior of the data and based on these generate risk treatment strategies, which help the biciusuarios reduce the probability of contracting respiratory diseases by the exposure to this pollutant.

the complexity of the experiment is in the sampling environment, which are the Biciusuarios routes, in open environment where there are uncontrolled aspects in contrast to a hygienic sampling in a normal work space and the realization of an industrial hygiene study applied to the bicycle mobility issue, which has not been done before.

For us it is important to highlight the levels of risk to which bike-users are exposed and how their health is affected daily by pollution and more since they are a community in continuous growth in recent times.

Keywords: *breathable particulate material; bicyclists; industrial hygiene*

1. Introducción

El material particulado es un conjunto de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, producto de las grandes emisiones de hollín de Diesel, polvo de las vías, residuos de las industrias, polvos de la agricultura y demás partículas resultado de procesos productivos, etc. (Seguridad Minera, 2012). Las cuales generan alto riesgo para la población que se moviliza por medio de la bicicleta, dado que están expuestos por cierto periodo de tiempo a este contaminante.

Actualmente en Colombia según el estado de arte realizado previamente, se han realizado muy pocos estudios que demuestren la relación de manera directa de la movilidad en bicicleta con el material particulado y los riesgos a la salud que estos generan; únicamente se tienen datos de medición del material particulado ambiental pero no la dosis respirable, los cuales fueron realizados por diferentes Universidades del país, de las cuales se obtienen resultados opuestos entre sí. La universidad EAN ha realizado estudios que explican los daños a la salud generados por partículas y hollín que emiten los vehículos que utilizan combustible Diesel a los ciudadanos que se movilizan en Bicicleta diariamente. Por otro lado, la Universidad Nacional ha realizado estudios previos de medición de material particulado respirable de personas que caminan a diario en Bogotá para llegar desde un punto a otro.

Realizando una comparación con otras ciudades del país, se conoce que Medellín ha desarrollado e implementado proyectos en el tema de movilidad sostenible en Bicicletas, promoviendo el uso de este medio de transporte que ahorra espacio, no contamina y consume menos recursos, lo que permite mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos mediante la disminución de los gases emitidos por los automóviles, motos, camiones y buses que generan el 59% de las emisiones de material particulado.

La Universidad de Antioquia (U. de A.) dentro de sus estrategias, implementó la iniciativa “SOS por el aire”, que, mediante actividades académicas, culturales y recreativas, busca comprometer a la comunidad en la búsqueda de soluciones para descontaminar el aire. (Benavides, 2017) La complejidad del experimento está en el ambiente de toma de muestras, que son las rutas de Biciusuarios, en ambiente abierto donde existen aspectos no controlados en contraste con un muestreo higiénico en un espacio laboral normal y la realización de un estudio de higiene industrial aplicado al tema de movilidad en bicicleta, el cual no se ha realizado anteriormente.

2. Metodología

La investigación desarrollada es de tipo inductiva, ya que se va a realizar un estudio de la cantidad de material particulado respirable presente en el aire en la ruta que va desde bonanza hasta la universidad Libre sede Bosque Popular – localidad Engativá, donde diariamente se movilizan aproximadamente el 60% de los biciusuarios objeto de estudio. (Rodriguez & Duarte)

Se seleccionó la técnica de realizar un experimento para que este sirva de prueba, el cual consiste en provocar un fenómeno en unas condiciones determinadas con el fin de analizar sus efectos o de verificar una hipótesis o un principio científico

EXPERIMENTO PARA LA MEDICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE POR LOS BICIUSUARIOS Y EVALUAR SI CUMPLE CON LOS LÍMITES PERMISIBLES EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ

Además, se determinó la norma NIOSH 600 como la guía para llevar a cabo de manera adecuada el experimento, ya que nos daba los parámetros a tener en cuenta para su ejecución y bajo los cuales debemos regirnos. Se tomaron las vías por las cuales transitan la mayor parte de biciusuarios de la universidad libre para evaluar las emisiones de material particulado respirable a las cuales se encuentra expuesto este mientras realiza su recorrido.

Se utilizará el método ohsas, el cual nos dice que el tipo de muestreo es acumulativo dado que las 3 muestras se realizan de forma simultánea y suman una hora y media en total. Los dispositivos empleados para la realización del experimento son propiedad de la facultad de ingeniería de la



Universidad Libre de Colombia y se describen a continuación: bomba personal de muestreo GilAir, bomba de calibración, ciclón de nylon, filtros de policloruro de vinilo, porta filtros de celulosa, cassettes de tres cuerpos, pinzas y balanza analítica con sensibilidad de 0.00001g y calibración vigente

Para la etapa experimental se realizó la calibración diaria de los equipos, con el fin de obtener el flujo adecuado dado que es un factor importante por la relación que tiene con el diámetro aerodinámico de las partículas. Con el fin de obtener mayor precisión y confiabilidad en las pruebas, se llevó a cabo un acondicionamiento de los filtros antes y después de ser utilizados por medio de un desecador para quitar la humedad y la muestra sea más precisa. Por último, la cantidad de material particulado respirable recogido durante las muestras es determinado por la diferencia de pesos y correlación de variables, para finalmente generar las respectivas estrategias para el tratamiento de este riesgo.

3. Toma de muestras en ruta de biciusuarios

El equipo utilizado es un GilAir 3, el cual es calibrado diariamente para asegurar su precisión en cuanto al flujo de aire que debe ser de 2000 cc/min. Con el fin de asegurar la confiabilidad y veracidad de los datos obtenidos se llevo a cabo un acondicionamiento inicial de los filtros y del mismo modo final una vez se ha realizada la medición, para esto se utilizó un desecador que quitaba la humedad de los filtros y portafiltros.

Para la etapa de pesaje y preparación de los casetes se llevaron a cabo los protocolos para evitar errores muestrales en el caso que haya una mala manipulación de estos.

para la recolección de la muestra se determino un horario fijo de tal manera que no afectara los resultados dado que se esta manejando un periodo de tiempo determinado donde pueden existir los picos mas altos de concentraciones de material particulado. A continuación, en el diagrama 1 se muestra la relación del recorrido realizado con la cantidad de árboles en el sector

EXPERIMENTO PARA LA MEDICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE POR LOS BICISUARIOS Y EVALUAR SI CUMPLE CON LOS LÍMITES PERMISIBLES EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ

La fórmula 1 nos permite conocer la concentración en el tiempo para el periodo de muestreo, la cual puede ser referida a 8 horas mediante la fórmula 2 que se muestra a continuación:

$$\text{Formula 2 (concentración referida a 8 horas): } ED = Cp * \frac{\sum ti}{8}$$

A partir de las anteriores formulas 1 y 2, los valores del extremo de los intervalos de confianza para varias muestras consecutivas en exposición uniforme se determinan a partir de las siguientes formulas:

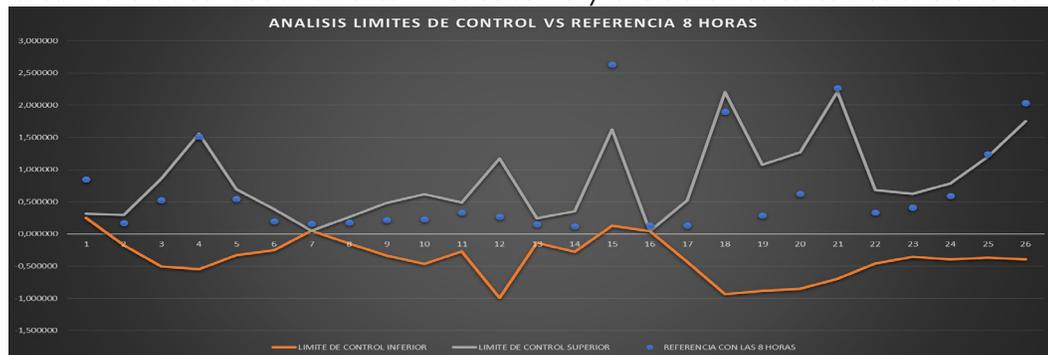
$$\text{Formula 3 (límite superior): } I_{max} = I + 1.645 * CV_t * \frac{\sqrt{\sum ti^2}}{\sum ti}$$

$$\text{Formula 4 (límite inferior): } I_{min} = I - 1.645 * CV_t * \frac{\sqrt{\sum ti^2}}{\sum ti}$$

Estas fórmulas nos permiten conocer la concentración de material particulado respirable en las muestras recolectadas referidas a 8 horas, de esta manera se logra evidenciar si los bicisuarios están o no sobrepasando los límites permisibles y las consecuencias a la salud que representa la exposición a este tipo de contaminante

Los resultados fueron los siguientes (cabe destacar que los resultados mostrados a continuación únicamente obedecen a la parte a análisis de temporada de invierno a falta de terminar con el análisis de la temporada de verano para concluir con una comparación total):

Grafica 1: análisis de relación entre los límites de control y la referencia de concentración a 8 horas

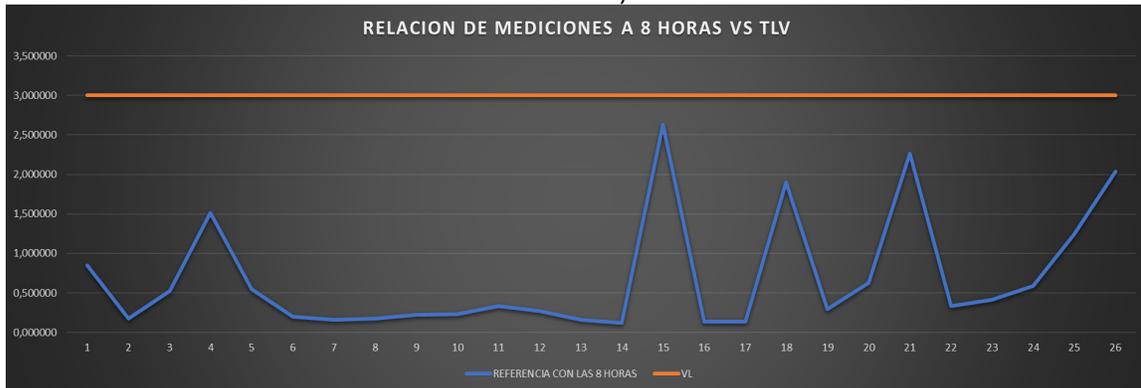


Fuente: elaboración de los autores

En la grafica 1 se puede apreciar que en algunos días se presenta una sobreexposición a la inhalación de altas dosis de material particulado, dado el alto flujo vehicular durante el tiempo en que se realiza la muestra. Así como también se puede evidenciar que en la mayoría de los días muestreados las concentraciones están dentro de los límites dado que se realizaron en periodo de lluvias lo cual hace que las concentraciones disminuyan.

EXPERIMENTO PARA LA MEDICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE POR LOS BICIUSUARIOS Y EVALUAR SI CUMPLE CON LOS LÍMITES PERMISIBLES EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ

Grafica 2: análisis de relación entre el TLV y la concentración de mediciones a 8 horas.



Fuente: elaboración de los autores

En la gráfica 2 podemos observar que si bien hay momentos en los que la concentración de material particulado respirable se acerca a los límites calculados, pero no llega a superarlo en su totalidad en ningún día dado que las condiciones meteorológicas no lo han permitido.

Grafica 3: análisis de correlación entre la temperatura y el nivel de concentración



Fuente: elaboración de los autores

En la gráfica 3 podemos observar una relación entre la concentración y la temperatura la cual inicialmente se esperaba que fuera de manera proporcional más sin embargo resulto de manera opuesta, al realizar el análisis de la bitácora de muestreo de dichos días en los que se presentó una temperatura menor encontramos que las personas del sector realizaban un mayor uso de su vehículo aumentando los niveles de tráfico lo cual genera una mayor emisión de material particulado.

5. CONCLUSIONES

- Existen diferentes procesos que afectan la suspensión de material particulado, tales como la superficie, la cual puede verse afectada por la acción del viento, por el alto flujo vehicular y por otras actividades humanas. La humedad es otro factor que afecta seriamente dado que puede incrementar la masa de las partículas.

- Algunas de las consecuencias que se encuentran relacionadas directamente con los altos niveles de material particulado, están ligadas con enfermedades respiratorias crónicas en los biciusuarios si se pasa de los límites de control.
- Uno de los principales influyentes en el nivel de material particulado respirable para la época de invierno es el nivel de fluencia del tráfico lo cual si vamos más allá encontramos que hoy en día las personas del sector analizado encuentran una gran motivación para la utilización del automóvil en los bajos niveles de temperatura.
- Previamente se creía que uno de los principales factores de influencia en el momento de realizar un estudio de material particulado respirable era el hecho de la temperatura, pero en este estudio nos damos cuenta de que no llega a ser así, que existen factores mucho más ponderables al momento de realizar este análisis como lo son la fluencia de carro y el nivel de contaminación que estos aportan a los bici-usuarios.

6. REFERENCIAS

1. Avances AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA • ISSN: 1794-4953 (Impreso) • ISSN: 2619-6581 (En línea) • Vol. 14 • DOI: doi.org/10.18041/avances.v14i1 • pp 47 - 62 (2017)
2. Ingeniería Industrial., Actualidad y Nuevas Tendencias, Año 11, Vol. VI, No. 21, ISSN: 1856-8327, e-ISSN: 2610-7813, Duarte et al., Caracterización de riesgos en la accidentalidad de biciusuarios..., p. 93-108 91. Caracterización de riesgos en la accidentalidad de biciusuarios. Bogotá – Engativá, Deison Duarte Vargas, Katherin López Rodríguez, Sonia Meneses Velosa
3. Cartilla el biciusuario seguro, El DOI <http://doi.org/10.18041/978-958-5466-24-1> URI <http://hdl.handle.net/10901/15582>
Colecciones: Libros - Ingeniería [10]
4. NIOSH, Manual of Analytical Methods (NMAM), (Libro) Fourth Edition, Method 0600 «Particulates not Otherwise Regulated, Respirable», 1 – 6 (1998).
5. Banco Mundial, 1997. Contaminación atmosférica por vehículos automotores, experiencias recogidas en siete centros urbanos de América Latina
6. Espinosa, Mónica, Caracterización del Material Particulado en vías de Transporte Público Colectivo y Masivo en Bogotá., Universidad de los Andes, Bogotá 2005.
7. ROJAS, Néstor Y. Revisión de las Emisiones de material Particulado por la Combustión de Diesel y Biodiesel. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Noviembre de 2004.

7. Sobre los autores

- **Lina Valeria Moya Rodríguez:** Estudiante ingeniería industrial, Auxiliar de investigación semillero G-Risk. linavalemoro@gmail.com
- **Daniel Alexander Álvarez Cepeda:** Estudiante ingeniería industrial, Auxiliar de investigación semillero G-Risk. daniela-alvarezc@unilibre.edu.co
- **Sonia Lucila Meneses Velosa:** Ingeniera industrial, Máster en prevención y protección de riesgos laborales. Profesor titular, directora del semillero. Sonial.menesesv@unilibre.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)