

REMEDIACIÓN ELECTROKINÉTICA DEL AIRE DE LOS TÚNELES DE LA CIUDAD DE GUANAJUATO

Lerma Torres Diego César (1), Puy y Alquiza María Jesús (2), Rodríguez Robelo Carmen (3)

1 [Bachillerato General, Escuela del Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio del Nivel Medio Superior de la Universidad de Guanajuato.] [diegl_98@hotmail.com]

2 [Departamento de Minas, Metalurgia y Geología de la Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.] [yosune.puy155@gmail.com]

3 [ENMS Guanajuato, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] [robolocarmen@gmail.com]

Resumen

Los túneles de la ciudad de Guanajuato, Gto., poseen una cantidad elevada de contaminantes, resultado de años de tránsito continuo sin la utilización de las medidas de saneamiento pertinentes. Los automóviles que circulan por estas rutas dejan a su paso contaminantes, tales como los metales pesados Pb, Cu, Cr, Ni, V, Co, Zn, Sb, entre otros. Los contaminantes antes mencionados resultan altamente dañinos para la salud de los habitantes de la ciudad que incluyen estos espacios como parte de su ruta, pues tan sólo la presencia de altas cantidades de Plomo, uno de los metales pesados aquí encontrados, causa discapacidad intelectual en niños e intoxicación por plomo aun en la mínima exposición, la cual, si se prolonga, puede provocar coma, convulsiones y hasta la muerte en casos extremos.

Por sus características, estos elementos viajan por el aire y se introducen fácilmente en las vías respiratorias, causando daños a la salud. El proyecto tuvo como objetivo principal la construcción de un sistema que utiliza como principio la electromigración de partículas de metales pesados y su entrapamiento para la remediación del aire de 5 túneles en Guanajuato, Gto.: La Galereña, Ponciano Aguilar, Minero, Santa Fe y Tamazuca, por los cuales sabemos que pasa diariamente el 4% de la población guanajuatense y transitan alrededor de 25,000 automóviles, aproximadamente.

Abstract

The tunnels of the Guanajuato City have a high amount of contaminants, result of years of continuous traffic without the use of relevant sanitation actions. The cars on these routes expels contaminants such as heavy metals Pb, Cu, Cr, Ni, V, Co, Zn, Sb, among other contaminants. Contaminants above are highly damaging to the health of the population, including these spaces as part of their route, as only the presence of high amounts of Plumbum, one of the heavy metals found here, cause learning disabilities in children and lead poisoning even minimal exposure, which, if prolonged, may cause coma, convulsions and even death in extreme cases.

Due to its characteristics, these elements travel through the air and are easily introduced into the airways, causing damage to health. The project's main objective was to build a system that uses electro-migration principle of heavy metal particles and trapping air for remediation of 5 tunnels in Guanajuato, Gto. : The Galereña, Ponciano Aguilar, Minero, Santa Fe and Tamazuca, by which we know walks daily 4% guanajuatense people and drives around 25,000 cars, approximately.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados se definen como aquellos elementos que tienen una densidad mayor de 5 g/cm³ en su forma elemental. Estos están conformados por 38 elementos, pero generalmente son 12 los utilizados más comúnmente y descargados, como parte de una serie de residuos, al medio ambiente: Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn y Zn (US EPA, 1997). La mayor parte de ellos están formados por partículas finas, procedentes de la combustión del carbón y en menor medida de otros combustibles. El metal pesado más importante en la contaminación atmosférica es el plomo (Pb), el cual tiene la capacidad de unirse rápidamente a los compuestos orgánicos. Como característica principal, este elemento puede permanecer durante un largo periodo en los ecosistemas sin degradarse. Los metales pesados son, por lo tanto, grandes contaminantes que al asociarse con elementos ácidos, aumentan la actividad sinérgica, en su efecto dañino potencial y finalmente pueden acarrear elementos biológicos que van desde pólenes hasta bacterias, hongos y virus.

El riesgo sanitario, se debe en su mayoría a su concentración, tiempo de exposición y sus características físicas. Los individuos susceptibles a presentar síntomas son aquellos que son portadores de una enfermedad respiratoria crónica que haya dado lugar principalmente a daños del sistema mucociliar. (Figura 1).

Las fuentes emisoras de las partículas suspendidas en el aire son tanto naturales, como antropogénicas, como lo son la quema de combustibles fósiles en vehículos y procesos industriales; además, las partículas también se pueden formar a partir de la combinación de diversos gases.

Los vapores de los metales pesados tienden a condensarse sobre la superficie de las partículas. Por otro lado, pueden servir como núcleos de condensación del agua y de otros vapores con lo cual se producen microgotas, en las que pueden ser transportados gases higroscópicos, aumentando el efecto agresor de las partículas.

Su tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad. Las partículas que miden más de 10 micrómetros se

retienen con mayor facilidad en las vías respiratorias superiores. Las que miden menos de 10 micrómetros predominan en la fracción respirable y penetran hasta el espacio alveolar del pulmón.

Las partículas menores de 10 micrómetros tienen un efecto indirecto sobre el aparato respiratorio, pues adsorben agentes microbiológicos (virus, bacterias, hongos, pólenes, etc.) en su superficie y los transportan al pulmón. En esta investigación se trabajó con partículas en su mayoría menores a 10 micrómetros, las cuales serían atraídas por campos electromagnéticos, precipitadas y almacenadas para su tratamiento.

Contaminante	Valores límite				Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica		
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable			
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 Hora)	1 vez cada 3 años	-	-	NOM-020-SSA1-1993
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 Horas)	1 vez al año	-	-	NOM-021-SSA1-1993
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13 ppm (24 Horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)	-	NOM-022-SSA1-1993
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (1 Hora)	1 vez al año	-	-	NOM-023-SSA1-1993
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m ³ (media aritmética anual)	-	NOM-024-SSA1-1993
Partículas fracción inhalable (PM10)	150 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m ³ (media aritmética anual)	-	NOM-025-SSA1-1993
Plomo (Pb)	-	-	1.5 µg/m ³ (prom. arit. en 3 meses)	-	NOM-026-SSA1-1993

Figura 1. Norma Oficial de la calidad del aire en base a tiempo de exposición y concentración.

Los túneles de Guanajuato fueron construidos con el propósito original de dar solución a las constantes inundaciones que sufría esta ciudad. Este proyecto de construcción de túneles inició en 1883. El primer túnel que fue terminado para tal fin es conocido

como “El Cuajín”, el cual conecta la Hacienda de San Agustín con la zona de Embajadoras.

Posteriormente, debido a la alta congestión vehicular que fue presentando la ciudad, se incorporaron más túneles para el tránsito de automóviles y evitar el congestionamiento vehicular de las calles principales. Los túneles se consideran hoy en día un ícono de la arquitectura colonial y uno de los principales atractivos turísticos y culturales de la ciudad.

Sin embargo, cabe puntualizar que los fines con los que estos túneles fueron construidos discrepan en gran medida de los que ahora se le asignan y que sólo se dieron adaptaciones menores para la transición de ductos de desviación de agua, a calles altamente transitadas en donde los gases emitidos por automóviles y fumadores quedan atrapados sin el flujo de aire necesario, ocasionando con ello un severo problema ambiental para los ciudadanos, que transitan diariamente por ellos.

Actualmente se llevan a cabo celebraciones en los principales túneles de Guanajuato, como el “Tunnel Fest”, el cual tiene su escenario en un túnel. (Figura 2)



Figura 2. Reunión en los túneles de la ciudad para eventos multitudinarios como el evento “Tunnel Fest”

La gran cantidad de personas reunidas al mismo tiempo, en un espacio reducido, inhalando, con un pulso agitado, grandes cantidades de metales pesados por un tiempo prolongado; supone un alto riesgo de salud para el público en general, dada la baja calidad del aire que están respirando de forma colectiva.

Se han planteado algunas alternativas para dar solución a los problemas de la acumulación de aire contaminado con metales pesados en el interior de

los túneles. Sin embargo muchas de las propuestas no han podido ser implementadas por la inversión que requieren.

Este proyecto presenta una idea innovadora de un tratamiento al aire de estos espacios, a fin de mejorar la calidad del aire que día a día tenemos que respirar los habitantes de la ciudad de los túneles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto, se inició el ensamblaje del “prototipo” que se pretende instalar en los túneles de Guanajuato, a fin de mejorar la calidad del aire. Por lo que en el presente reporte, sólo se puntualizará la elaboración, las pruebas que se realizaron y especificaciones relevantes para su posterior aplicación en la práctica.

Para el prototipo se seleccionó un recipiente que cumpliera con las requerimientos: Contener el gas que allí se colocaría; tener un volumen apto para contener una cantidad considerable de muestra; que fuera de un material aislante, a fin de que el material del mismo no interfiriera con las cargas eléctricas que se utilizarían. Que todo en conjunto formara un circuito cerrado para comprobar su efectividad durante la implementación del mismo.



Figura 3. Recipiente de material aislante donde utilizado para construir el prototipo

Optamos por un contenedor de plástico, de aproximadamente 25.9 L de capacidad sin aberturas relevantes. (Figura 3)

A dicho recipiente se le hicieron dos aberturas en los costados para la inserción de aire, se le colocaron imanes de refrigerador en la tapa para su mejor sellamiento adicionales a la tapa que ya tenía.

Posteriormente se cortaron placas de acero inoxidable de aproximadamente dos milímetros de grosor, de 37x50 cm de largo y ancho (obviando el lado curvo en los cálculos) y con una separación de 14cm de distancia entre una placa y otra, de modo que quedaran colocadas firmemente y sellados sus extremos para evitar el escape de los gases con los que se trabajaría. (Figura 4)



Figura 4 Instalaciones del laboratorio y equipo utilizado para la construcción del prototipo.

A la placa se le hicieron dos aberturas ahora más delgadas por donde se insertarían delgadas láminas de aluminio que entrarán en contacto con las placas de acero y de este modo electrificarlas desde fuera sin provocar escapes de gas no deseadas, luego esto se selló con silicón.

El siguiente paso sería la experimentación en el laboratorio acerca del buen funcionamiento de este método y sobre qué cantidad de voltios debía usarse para obtener la mayor eficiencia en esta



Figura 5. Prototipo de estudio, para las muestras de aire de los túneles de Guanajuato.

tarea, para lo cual se construyó un sistema cerrado de circulación de aire. (Figura 5)

El sistema consiste en lo siguiente:

- A) Un recipiente principal con dos placas electrificadas en donde se comprueba la precipitación de los contaminantes, pesando ambas placas antes y después de la puesta en marcha de la prueba, el

recipiente tiene dos salidas que se conectan por tubos a los otros elementos del sistema.

- B) Un ventilador con aspas de plástico para que estas no creen cargas eléctricas que puedan influir en las que ya se tienen contempladas. El motor del ventilador sellado, de forma que lo único que tiene contacto con el gas son las aspas en movimiento que crean un flujo de gas hacia el siguiente elemento del sistema.
- C) Un recipiente cualquiera de volumen menor al del recipiente principal, en este es donde se inserta el gas de prueba que queremos colocar en el recipiente principal para que circule hacia el mismo y pase por en medio de las placas electrificadas.

La finalidad de esto es que el flujo proveniente del ventilador actúe sobre el gas que se inserta, lo desplace hasta el recipiente principal y este precipite los contaminantes, dejando pasar al aire, descontaminado o con niveles inferiores de polución, hacia el ventilador y el ciclo se repita, provocando que estos compuestos tengan varias oportunidades de precipitarse cada vez que pasan por este recipiente, emulando lo que pasará cuando el proyecto se lleve a la práctica.

Los elementos de este sistema están interconectados entre sí por tubos de plástico de 3/4 de pulgada transparentes, esto último para comprobar si en el tubo quedan adheridos restos del gas insertado. Adicional a esto, en el recipiente principal colocamos una placa más con fines de asegurar que este no tenga fuga alguna.



Figura 6. Pruebas con tabaco, en prototipo utilizando el generador de Van de Graaff.

Como último paso, las placas se electrificaron con un generador Van de Graaff se insertó el gas con un embudo de aluminio elaborado por nosotros para no utilizar los de plástico, que podrían influir cuando se elevara la temperatura, liberando compuestos ajenos al gas que estudiaríamos. El gas seleccionado para las pruebas es el que resultaría de la quema de tabaco extraído de 3 cigarros. (Figura 6)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas preliminares realizadas en el prototipo ensamblado como proyecto de verano, permitieron observar que las placas del recipiente principal se electrificaron adecuadamente con un generador Van de Graaff. Que el humo proveniente de la quema del tabaco contenido en tres cigarros, con el cual se realizaron las pruebas, permitió observar la circulación de aire a través del equipo y comprobar que fuera hermético y que no presentara fugas. Los cambios realizados durante la realización de este proyecto permitieron implementar mejoras en el prototipo.

Los resultados de la investigación se basan en las observaciones preliminares para la construcción del prototipo y de especificaciones para su futura implementación en los túneles. Las pruebas piloto se realizaron utilizando humo de cigarro como vector para transportar partículas contaminantes de tamaño menor a 10 micrómetros, las cuales son de interés por su presencia como contaminantes en el aire de los túneles de Guanajuato.

CONCLUSIONES

El nivel de contaminación en los túneles de Guanajuato y muchos otros dentro y fuera de la región es muy elevado, sin embargo, no se han tomado las medidas necesarias, a pesar de los efectos nocivos para la salud y el bienestar de las personas.

La remediación electrocinética tanto del aire como de los suelos es una respuesta viable y con gastos de implementación relativamente bajos, que podría y debería implementarse como método de purificación del aire que nos rodea; así como para fomentar y contribuir a mejorar la salud de la

población, que cada vez más en la actualidad, se ve severamente comprometida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos aquellos que hicieron posible la realización de este proyecto, a la Universidad de Guanajuato, al Colegio de Nivel Medio Superior, a la Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, donde estudio mi bachillerato. A la maestra Silvina Galván Rocha directora de la ENMS de Guanajuato; a la maestra Carmen Rodríguez Robelo; a mi papá Juan Manuel Lerma y a mi mamá Rosa María Torres por su interés incondicional en mi desarrollo integral y por ser importantes motivadora y asesora en este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Manuel Guía Calderón (2015) Remediación electrocinética del aire de los túneles de la ciudad de Guanajuato
- [2] Instituto Nacional de Geología (1994) Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire [En línea] extraído el 12 de Julio de 2016 de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/233/cap4.html>
- [3] Puy Alquiza, María Jesús (2016) Polycyclic aromatic hydrocarbons in urban tunnels of Guanajuato city (Mexico) measured in deposited dust particles and in transplanted lichen *Xanthoparmelia mexicana* (Gyeln.) Hale
- [4] Filiberto Pérez Duarte (1994) Norma Oficial Mexicana nom-025-ssa1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (pm10) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población" [En línea] Extraído el 12 de Julio de 2016 de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/025ssa13.html>
- [5] S/A (2010) Túneles [En línea] Recuperado el 17 de Julio de 2016 de http://www.fotosyotros.com/gto_tunel.html