



## El Metro de Medellín (Colombia) innova con sentido social

Carlos Ortíz y Ramiro Márquez  
Transporte Masivo del Valle de Aburrá  
(chortiz@metrodemedellin.gov.co)

Presentación por Enrique Galindo  
Instituto de Biotecnología, UNAM  
Academia de Ciencias de Morelos.

### Presentación

Carlos Ortíz es Jefe de Investigación, Desarrollo e Innovación y Ramiro Márquez es el Gerente General de la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá (Medellín, Colombia), quienes se hicieron acreedores al Premio Innovadores de América 2014 (ver artículo en La Unión de Morelos, lunes 9 de febrero de 2015, pags. 30 y 31, disponible a través de la ACMor en la liga <http://bit.ly/1JveeCn>) en la categoría de Desarrollo Social.

### El Metro de Medellín (Colombia) innova con sentido social

El Metro de Medellín es una empresa industrial y comercial del estado, cuyos socios son la Gobernación de Antioquia y la Alcaldía de Medellín por partes iguales, encargada de la operación del sistema Metro, que presta sus servicios a los diez municipios que conforman el Valle de Aburrá. Opera dos líneas de tipo férreo (metro), tres de cable y dos de autobuses. En este momento está construyendo una línea de tranvía y dos cables aéreos complementarios, cuya entrega está prevista para mediados de 2015.

En 1995 empezaron a rodar los nuevos vagones del Metro por los rieles del sistema de transporte masivo de esta ciudad, la segunda más poblada de Colombia. Era una flota de 126 coches con un frente totalmente recto, fabricados por la empresa alemana MAN.

A estos trenes, que han prestado su servicio a la comunidad durante 19 años, aún les queda mucha vida útil, pero los estudios de la empresa Metro de Medellín, encargada de la operación del Sistema, muestran que el perfil recto que poseen hace que no aprovechen de manera eficiente la energía eléctrica que los impulsa. Lograr ahorros en este aspecto tiene un alto impacto en la sostenibilidad financiera de la Empresa, pues el consumo de energía es uno de sus gastos más considerables.

La solución parecía estar en realizar una modificación al perfil recto de los trenes, de tal manera que ofrecieran una menor resistencia al aire. En lugar de acudir a los proveedores internacionales, como solía hacerlo en el pasado, el Metro realizó una alianza con empresas y universidades locales para encontrar una solución.

### LA TRIADA UNIVERSIDAD – EMPRESA – ESTADO EN ACCIÓN

Fue así como el METRO y la Universidad Pontificia Bolivariana, con el apoyo de Colciencias (entidad del gobierno nacional encargada de

liderar, orientar y coordinar la política nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación), iniciaron un proyecto de investigación encaminado al ahorro de energía aerodinámica en los trenes de primera generación, es decir, en aquellos trenes que están en servicio desde el comienzo de la operación en 1995.

Con una duración de 3 años de investigación, el proyecto en una primera fase determinó el potencial de ahorro que podría generarse y las posibles alternativas de modificación de la parte frontal de los trenes sin que se afectase la estructura de los vehículos. En una segunda fase se modelaron los posibles escenarios de la operación, encontrando posibilidades de ahorro de energía de hasta un 4,7%.

Los modelos computacionales fueron efectuados en la Universidad Pontificia Bolivariana con equipos especiales obtenidos con apoyo económico de Colciencias. Un túnel de viento instalado en la facultad de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana y un tren a escala construido por la industria local, sirvieron para validar los cálculos de computación previamente realizados.

Dados los buenos resultados encontrados en las fases experimentales, para este año se decidió replicar este prototipo a toda la flota de 42 trenes de primera generación. De esta manera se mejorará la resistencia aerodinámica de los vehículos, permitiendo el ahorro de energía.

### ROMPIENDO LA DEPENDENCIA TECNOLÓGICA

Esta es una de las más recientes muestras de una alianza entre la Empresa, las universidades locales y la industria colombiana que empezó a gestarse a finales de los años 90, cuando fue necesario realizar el primer cambio de ruedas a los trenes. La propuesta del consorcio constructor era enviar los ejes a Alemania, lo que implicaba dejar cada tren inactivo durante tres meses, pero el Metro tuvo confianza en las capacidades locales e hizo un exitoso replazo en sus propios talleres, con una considerable reducción en costos y en tiempos de inactividad de los trenes. A partir de 2003 esta alianza con empresas y universidades locales se hizo más formal y duradera en el tiempo, mediante la firma de convenios y contratos en los que se cuenta con el apoyo de Colciencias. A diciembre de 2013 se habían realizado 12 alianzas con el objetivo de garantizar la sostenibilidad tecnológica de la Empresa a través de la solución de problemas técnicos por medio de la investigación científica aplicada, promoviendo a su vez la innovación. Durante 2014 esta alianza estratégica se ha consolidado aún más, al punto que la Empresa, junto con las Universidades, ha presentado 5 proyectos.

Las empresas locales también se benefician de este apoyo a la innovación local. El Metro cuenta hoy

con 406 componentes homologados producidos por la industria colombiana, lo que ha permitido sustituir el 75% de las importaciones que se tenían que realizar en los comienzos de la operación comercial. Esto se hace de la mano con 147 empresas nacionales que fabrican estos elementos, usando para ello la mano de obra de 2,514 personas.

### INNOVACIÓN POR LO ALTO

La innovación en el Metro de Medellín no se agota en lo expuesto hasta el momento, relacionado con tecnología. Esta ciudad, rodeada por las altas montañas que conforman el Valle de Aburrá, ha tenido que pensar en estrategias novedosas de movilidad urbana para conectar a los habitantes pobres de las laderas con los centros productivos y de servicios que se localizan en la parte plana.

En 2001, teniendo en cuenta que el Plan Maestro de la entidad contemplaba el trazado de una línea hacia la zona nororiental, los ingenieros de la Empresa analizaron alternativas para cumplir con este mandato, pero ninguna de las existentes servía. Metro, tranvía y sistemas de autobuses articulados o BRT (Bus Rapid Transit es un sistema de transporte rápidos en autobuses con un servicio de altas prestaciones para transporte público, que combina los carriles de autobuses con estaciones de alta calidad) eran inviables por la geografía o las estrechas calles del sector.

Ante esta encrucijada surgió la idea de adaptar los sistemas de cable aéreo que se usan con frecuencia en las estaciones de esquí de exclusivos resorts para que sirvieran como solución de movilidad urbana articulada al sistema de transporte masivo, lo que dio origen al sistema conocido como "Metrocable", que desde hace 10 años sobrevuela los techos de las casas de la zona nororiental. A este siguió otro en el centro occidente, que empezó su operación en 2008, y uno más, de carácter turístico, en 2010. En 2015 entrarán en funcionamiento otros dos cables, esta vez articulados al tranvía que actualmente se construye en la ciudad.

Los retos técnicos de estos sistemas urbanos de cable no son de poca monta, si tenemos en cuenta que en las estaciones de esquí los mantenimientos se hacen durante el verano, pero en el caso de Medellín, por ser un servicio público, los tiempos disponibles para esta labor pasan de ocho meses a 10 días, a fin de afectar lo menos posible al usuario.

Este nuevo uso de un sistema ya conocido, que es otra forma de innovar, ha sido exportado a otras ciudades de Colombia y a otros países, como en el caso de la favela Complejo de Alemão, en Río de Janeiro (Brasil), que fue asesorada por el Metro de Medellín. Otras ciudades latinoamericanas como La Paz (Bolivia), también han adaptado el sistema.

### LA "CULTURA METRO"

Por lo dicho hasta ahora podría pensarse que el Metro de Medellín es una empresa de transporte masivo como todas las del mundo, que se ocupa de transportar pasajeros de un lugar a otro con unos atributos de eficiencia, economía y seguridad. Sin embargo, la Empresa ha implementado un modelo denominado "Cultura Metro", que puede entenderse como una estrategia de responsabilidad social única en esta clase de sistemas.

La ruta para lograrlo se empezó a recorrer desde 1988, siete años antes del inicio de la operación comercial del Metro. Medellín y los nueve restantes municipios que conforman el Valle de Aburrá se caracteriza, como muchas de las grandes ciudades latinoamericanas, por una alta segregación de sus habitantes. Por si fuera poco, en la época de construcción del Metro (finales de la década de los 80s) afrontaba el embate de la violencia generada por el narcotráfico, con todas sus consecuencias de destrucción del tejido social.

En 1995, con la inauguración de la primera línea del Metro, se generó una solución de movilidad que permitía atravesar de sur a norte el valle en el que se asientan estos municipios, lo que ya de por sí genera integración y cohesión social. Sin embargo, la Empresa fue más allá y se propuso ser una forma de vida y un espacio para el encuentro social y cultural, para lo cual la llamada "Cultura Metro" es fundamental.

### SE CONOCE Y SE QUIERE, POR ESO SE CUIDA

La Empresa, consciente de las implicaciones de ejecutar un sistema de transporte público en una sociedad marginada y relegada, envía a la comunidad a un grupo de gestores sociales del Metro mucho antes de establecer los primeros bloques de concreto. Por eso, además de ingenieros, el Metro de Medellín tiene dentro de su planta de empleados a sociólogos, trabajadores sociales y otros profesionales que difícilmente se ven en la de otros metros.

Estos equipos llegan a sumergirse en el entorno e interiorizan las dinámicas sociales de la zona, para caracterizar las particularidades del territorio en donde se planea construir una línea de transporte público masivo y trabajar con sus líderes comunitarios, con los niños y jóvenes y con todos los actores sociales, a fin de hacerlos partícipes y protagonistas activos del cambio que vivirán sus comunidades.

El sentimiento de inclusión y apropiación que esto genera entre la población se ve retribuido cuando empieza la operación comercial. Un sistema que es conocido y querido también se respeta y se cuida, y por eso las estaciones, vagones y cabinas del Sistema de Transporte Masivo se mantienen en excelente estado aún hoy, 19 años después del inicio de la operación comercial.

### RECONSTRUCCIÓN DEL TEJIDO SOCIAL

La "Cultura Metro" sirve, además, como detonante de profundas transformaciones sociales. El Metro, como columna vertebral del desarrollo de la movilidad en la ciudad de norte a sur, permitió la integración de comunidades. Asimismo, los puentes peatonales sobre el río Medellín que la Empresa instaló para el ingreso a las estaciones permitieron la movilidad de los usuarios que caminaban por ellos o usaban su bicicleta para atravesarlos, creando así cohesión ente personas, familias y grupos que antes estaban separadas por el río.

En la zona nororiental de Medellín, donde se instaló el Metrocable, la llegada del Sistema permitió irradiar "Cultura Metro" a estos barrios, caracterizados en ese momento por una baja presencia institucional. La llegada del Metrocable abonó el terreno para que el gobierno de la ciudad dotara a estas comunidades con equipamientos urbanos como una biblioteca, parques y espacio público, entre otros, y dignificara así las condiciones de vida de sus habitantes.

La originalidad de este planteamiento y sus efectos positivos han quedado evidenciados en estudios publicados en la literatura científica internacional ("Reducing Violence by Transforming Neighborhoods: A Natural Experiment in Medellín, Colombia", *American Journal of Epidemiology*, 175(10):1045-1053) [1]. Allí se documenta cómo a raíz de la operación del Metrocable, la tasa de homicidios por cada 100 mil habitantes en la zona de influencia del Sistema pasó de 188 en 2003 a 30 en 2008, reducción significativamente más alta que la registrada en barrios de iguales condiciones socioeconómicas pero sin Metrocable.

La distinción como *Innovador de América 2014* en la categoría de Desarrollo Social anima a la Empresa a seguir trabajando por preservar la "Cultura Metro", que es clave para su sostenibilidad financiera y para seguir manteniendo esa licencia social para operar, que solo entregan las comunidades a aquellas compañías que se preocupan por establecer relaciones de confianza con ellas.

### Referencias

[1] "Reducing Violence by Transforming Neighborhoods: A Natural Experiment in Medellín, Colombia", *American Journal of Epidemiology*, 175(10):1045-1053; Magdalena Cerdá, Jeffrey D. Morenoff, Ben B. Hansen, Kimberly J. Tessari Hicks, Luis F. Duque, Alexandra Restrepo and Ana V. Diez-Roux (May 15, 2012). Disponible en: <http://1.usa.gov/1JvfBAZ>

### Videos:

Diversos videos del sistema Metro: <http://bit.ly/1JvfYeM>.  
Video de cables aéreos: <http://bit.ly/1Jvg4D6>.  
Videos en nuestra página web: <http://bit.ly/1Jvgh9j>.



INGENIERÍA PARA TODOS

# Científicos 'doblan' ondas elásticas con nuevos metamateriales

J. Arnoldo Bautista Corral

Las ondas de sonido que viajan en el aire, así como las olas que se generan cuando un objeto irrumpe en un cuerpo de agua, o las ondas de choque en un terremoto, son todas ellas consideradas como ondas 'elásticas'. Estas ondas viajan en la superficie o a través de los materiales sin causar cambios permanentes a la esencia de la materia de la que están hechos.

Un colega nos ha enviado información que nos pone al tanto sobre el hecho que ingenieros-investigadores han desarrollado un material que tiene la habilidad de controlar ondas elásticas, abriendo con ello la posibilidad de crear posibles aplicaciones médicas y comerciales que tienen el potencial de beneficiar enormemente a la sociedad. En contrapartida, desafortunadamente, también se mencionan aplicaciones militares. Esta información apareció el 22 de enero del presente año en el boletín electrónico editado por 'ScienceDaily', y la fuente se ubica en la 'University of Missouri-Columbia'.

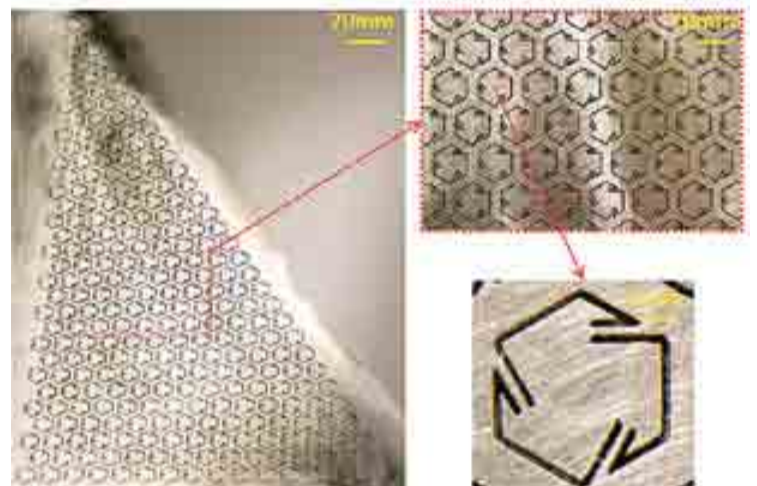
'En el pasado reciente se ha probado una y otra vez que los métodos utilizados para controlar y manipular sublongitudes de onda de ondas acústicas o elásticas han sido elusivos y difíciles de realizar; sin embargo, cuando realmente se logran desarrollar estos métodos— y una vez que se perfeccionan— las aplicaciones potenciales son enormes,' comentó Guoliang Huang, profesor asociado de ingeniería mecánica aeroespacial del 'Collage of Engineering' de la 'University of Missouri-Columbia'. 'Nuestro equipo de investigación ha desarrollado un material que, si se utiliza en la fabricación de nuevos instrumentos, podría tener la habilidad de detectar ondas elásticas o sonoras y manipularlas para aprovechar ciertas características, lo cual podría a su vez generar enormes beneficios a nuestra sociedad—por ejemplo, mejoras en escaneo con ocultamiento elástico—'.

Anteriormente, los científicos han utilizado una combinación de materiales tales como metal y caucho para 'doblar' ondas en forma efectiva y con ello controlarlas.

Huang y su equipo diseñaron un material usando un sólo componente: acero. El material estructurado diseñado con procesos ingenieriles de alta precisión posee la habilidad de controlar el incremento de ondas acústicas o elásticas. También es posible el mejoramiento a señales de banda ancha y equipos de súper-imágenes.

El material fue elaborado en una sola hoja de acero usando láseres para grabar patrones con microestructuras quirales o geométricas, las cuales tienen la particularidad de que son asimétricas a sus imágenes reflejadas en un espejo. Es la primera vez que este material es elaborado en un sólo medio. Huang y su equipo buscan introducir elementos que puedan controlar y que prueben su utilidad en muchos campos y aplicaciones.

'En su estado natural, el metal es un material pasivo, consecuentemente para que nos sea de utilidad necesitamos introducir



## ¿HOY que se arma?



<p><b>Llévate</b></p> <p>2 Botellas + 1 12 Pack + 1 Botina + 2 Complementos + 1 Cacañotes + 1 Agua Mineral</p> <p><b>Megapaquete 1</b></p> <p><b>\$499<sup>90</sup></b></p> <p>y paga solo</p>	<p><b>Llévate</b></p> <p>2 Botellas + 1 12 Pack + 1 Botina + 2 Complementos + 1 Cacañotes + 1 Agua Mineral</p> <p><b>Megapaquete 2</b></p> <p><b>\$589<sup>90</sup></b></p> <p>y paga solo</p>	<p><b>Llévate</b></p> <p>2 Botellas + 1 12 Pack + 1 Botina + 2 Complementos + 1 Cacañotes + 1 Agua Mineral</p> <p><b>Megapaquete 3</b></p> <p><b>\$639<sup>90</sup></b></p> <p>y paga solo</p>
--	--	--

CONDICIONES DE VENTA: SE APLICAN LAS POLÍTICAS DE VENTA DE OXO EN CADA TIENDA PARTICIPANTE. TODOS LOS PRODUCTOS SON DE MARCA REGISTRADA Y SE VENDEN EN SU EMPAQUE ORIGINAL. LA PROMOCIÓN TERMINA EL 28 DE FEBRERO DE 2015. LA PROMOCIÓN NO SE APLICARÁ EN CASOS DE AGOTAMIENTO DE STOCKS. LAS OFERTAS SON SUJETAS A LAS POLÍTICAS DE VENTA PARTICIPANTES.

¿Quieres un anuncio Clasificado GRATIS? **Compra tu periódico La Unión en las tiendas OXO**

**llena tu cupón y deposítalo** en los buzones ubicados en todas las tiendas oxo del estado y en nuestras instalaciones. *"Más fácil no se puede"*