

Editorial

Foro de movilidad sustentable

El transporte se considera pieza clave para el desarrollo y la competitividad de una ciudad/región; al mismo tiempo se constituye en un componente que se articula con otros sectores con el fin de garantizar la calidad de vida de una población. Sin embargo, los sistemas de transporte implementados en las ciudades –soportados principalmente por medios de transporte motorizado y dependiente de los combustibles fósiles– se han convertido en un sector con efectos negativos para la sostenibilidad y la competitividad de las ciudades.

De acuerdo con este escenario, con el objeto de enriquecer el debate e informar a la comunidad sobre las propuestas para mejorar la movilidad en la ciudad/región de Bogotá y la sustentabilidad del transporte mediante el uso de energéticos limpios, el 27 de agosto de 2009 se realizó el Foro de Movilidad Sustentable, organizado por el programa de ingeniería civil de la Universidad de La Salle, el Centro de Investigación en Desarrollo Sustentable y Cambio Climático (Cidescac) y la Cámara de Comercio de Bogotá. Al evento asistieron el Gobernador de Cundinamarca, Dr. Andrés González, el Secretario de Movilidad Distrital, Dr. Fernando Álvarez, los concejales del Distrito: Dr. Vicente de Roux y Dr. Eduardo Guevara; investigadores de distintas universidades del país: Andrés Díez, Víctor Cantillo, Germán Corredor, Hugo Sarmiento; representantes del sector energético para el transporte: Codensa, Gas Natural y

Fedebiocombustibles; empresas del sector transporte: Transmilenio, Sytecsa y Siemens; y como invitado internacional el Director General de Transporte Eléctrico de México D.F., licenciado Rufino H. León.

A continuación se presentan aspectos relevantes de las presentaciones y algunos comentarios sobre éstas:

- El secretario de movilidad distrital realizó la primera presentación en un evento académico de la línea de metro para Bogotá. El sistema propuesto busca aumentar la cobertura del transporte masivo con una línea de metro que movilizará pasajeros desde el sector centro-occidental de la ciudad (uno de los mayores centros de origen de viajes), hacia el centro-oriente y nor-oriente de la ciudad (la zona de mayor atracción de viajes).
- En su recorrido, el metro tendrá 14,9 kilómetros subterráneos y 9 kilómetros de superficie. Adicionalmente, la propuesta de la línea de metro muestra la integración con el sistema Transmilenio en el oriente de la ciudad, con las posibles líneas de cable en el sur de la capital, las líneas de ciclo-rutas y con el futuro tren de cercanías Bogotá-Sabana-Facatativá. Este sistema permitirá movilizar cerca de 600 mil personas a mediano plazo, en menores tiempos, con una reducción importante de emisiones contaminantes y ruido, con menores requerimientos de inversión en infraestructura vial y la eliminación de un número considerable de buses que generan congestión en las vías.

- A su vez, quedó clara la postura de la administración distrital de encaminar los esfuerzos hacia una movilidad bogotana soportada por el Sistema Integrado de Transporte (SITP), de acuerdo con los principios del Decreto 309 de julio de 2009. Este sistema integrado facilitará la inter-modalidad y trabajará por una mayor eficiencia en los desplazamientos, por la eliminación de la “guerra del centavo” en la ciudad y por la modernización del transporte colectivo y, asimismo, buscará mejorar la calidad de vida de los bogotanos.

Luego de la presentación del sistema metro y del SITP, quedaron algunas preguntas relevantes que no se resolvieron en el evento: ¿Cómo financiar la obra de manera paralela a la construcción de obras complementarias necesarias para continuar el plan integral de movilidad en la ciudad? ¿Cuál es el costo inicial del proyecto? ¿El metro se convierte en un sistema estructural o en uno complementario para la movilidad de la ciudad? ¿Qué programas de reorganización urbana se desarrollarán conjuntamente con la implementación del metro?

Con la presentación quedó claro que el metro se orientaría en un corredor de alta demanda para la ciudad y con la posibilidad de sostener un porcentaje de la demanda de la troncal Caracas de Transmilenio, lo que permitirá mejorar la calidad del servicio de esta vía durante las horas pico. Asimismo, se pretende articular un complemento integrador con base en un mutuo esquema de inter-modalidad con los demás medios de transporte público en la ciudad.

Con relación a la iniciativa de SITP, algunas preguntas que resultaron de la presentación:

- ¿Cuáles son las proyecciones de tarifa con y sin el SITP?
- ¿Qué impacto tendría en la calidad de vida de los ciudadanos el uso de una tarifa integrada con un

valor excesivamente alto en comparación con las tarifas actuales?

Evidentemente, la movilidad afecta la competitividad y la calidad de vida de los ciudadanos, aunque la calidad de vida también se asocia a la capacidad de una persona de cubrir todas sus necesidades. En la actualidad, los estratos 1 y 2 en promedio utilizan el 15% de sus ingresos para suplir las necesidades de desplazamiento. Aplicar una tarifa única con el metro implicará claramente incrementos sustanciales en la participación del transporte en los costos de la canasta de una familia de medios y bajos ingresos. Este hecho producirá pérdida de la capacidad para suplir otras necesidades como salud, educación, alimentación, vivienda, vestuario y recreo, lo que en efecto afectaría su calidad de vida.

En este sentido, argumentos como “Una persona utiliza dos medios de transporte para llegar a su destino con un valor de \$2.400 en su desplazamiento y ahora podrá pagar \$2.000”, no pueden ser utilizados para justificar el incremento de la tarifa con el SITP cuando la amplia mayoría de los ciudadanos sólo paga \$1.200 para realizar un viaje completo, integrado máximo con una caminata.

Adicionalmente, el uso de tecnologías diferentes con características operativas y funcionales particulares, responsabilidades en la movilidad diferenciadas y operadas por terceros, son limitaciones que difícilmente serán ajustadas para satisfacer los intereses individuales (operarios) y colectivos (sociedad) sin que el gobierno distrital compense los desbalances de un sistema integrado de transporte. Evidentemente, estará la posibilidad que el usuario asuma la responsabilidad de pagar por su movilidad a un alto costo. En ese escenario una alternativa que podría ser analizada es el uso de una tarifa diferencial según el modo de transporte y el número de intercambios modales. En conclusión, la integración en una

tarifa única de transporte público en Bogotá es de mayor complejidad a la presentada por la administración distrital.

Por otra parte, resultado de la expansión y de la dinámica económica de Bogotá, sobre los municipios vecinos se han generado cambios en la región asociados con desarrollos industriales en estos municipios y, especialmente, en sus zonas rurales; el desarrollo del concepto de “ciudades dormitorio” con sus implicaciones de crecimiento; el inicio de un proceso continuo de absorción de tierras productivas y humedales; la búsqueda de zonas de esparcimiento por parte de los bogotanos en los municipios satélites a Bogotá.

Con este escenario en mente, se evidencia una potencial amenaza para la región asociada a la posibilidad de convertir la Sabana de Bogotá en una réplica de la ciudad de México D.F. Y de acuerdo con este planteamiento, una de las estrategias para evitar este final consiste en la implementación del tren de cercanías, que mediante el uso de la red ferroviaria existente, permitirá atender las necesidades de movilidad de la población entre Bogotá y los municipios satélites sin obras viales adicionales, de una manera eficiente, con cero emisiones y permitiendo el desarrollo concentrado de las zonas urbanas alejados de la gran mancha urbana de Bogotá.

Tal como se presenta el proyecto de tren de cercanías, hoy sería una iniciativa fácilmente debatible a partir de los conceptos de número de pasajeros movilizadas *versus* costos de inversión; altos costos de las intersecciones en el interior de Bogotá; baja demanda de pasajeros a largo plazo para sus líneas al norte y a mediano plazo para la línea de occidente. Con estos hechos en perspectiva, el proyecto debe trascender los temas de transporte en la búsqueda de una justificación en el mediano plazo mediante otros aspectos relacionados con el desarrollo de

las poblaciones satélites: el tren de cercanías como complemento al transporte masivo de Bogotá; el desarrollo a lo largo del corredor férreo bajo un plan de recuperación urbana estructurado y a largo plazo en Bogotá; los beneficios para el sector turismo de los municipios cubiertos por el sistema de transporte; la plusvalía de zonas rurales y urbanas en Bogotá y en los municipios satélites; el incremento de la productividad de la Sabana occidente y del corredor Bogotá-Facatativá-Girardot.

Sobre estos temas, los concejales invitados de la ciudad, presentaron su posición frente a la necesidad de pensar, más que en modos de transporte, en estrategias de mejoramiento de la movilidad. De igual forma, puesto que hay limitaciones de recursos, resulta necesario definir las prioridades de ejecución de los proyectos. Para los dos concejales, indudablemente el tren de cercanías debe ser el medio de transporte por implementar en el plazo más lejano. Adicionalmente, el concejal De Roux presentó su inconformidad por el desarrollo de la troncal calle 26 con una demanda pico menor a 9 mil pasajeros, exigencia que podría ser atendida con otro modelo de transporte público diferente del esquema BRT, el cual se construye y en el cual se ha incurrido en grandes inversiones, mientras que otras vías al occidente de la ciudad con mayor demanda ni siquiera han sido contempladas.

Finalmente, algunos temas por discutir:

- ¿Cómo será su integración tarifaria con el SITP?
- ¿Cuál es el costo de la inversión?
- ¿Cuál es el programa de desarrollo urbano ligado al proyecto?
- ¿Qué otros beneficios podrían ser incorporados al proyecto para su viabilidad a mediano plazo?

Por otra parte, es claro que los modos de transporte público colectivo, vehículo particular y sistema Transmilenio seguirán siendo los más utilizados en el esquema de movilidad de Bogotá. Según este panorama es determinante poder conocer qué energéticos son viables para reducir los efectos colaterales asociados al uso exclusivo de combustibles derivados del petróleo. Entre las opciones visibles se encuentran el gas natural, los biocombustibles y la energía eléctrica.

En primera instancia, el gas natural vehicular constituye una alternativa energética que contribuye a la reducción de las emisiones, logra menores costos operativos por concepto de energía en comparación con las gasolinas y permite la generación de empleos directos e indirectos en la cadena de suministro. Con este planteamiento se han impulsado medidas para elevar el posicionamiento del GNV en el mercado de los combustibles en el transporte. En este sentido, algunas de las acciones implementadas han sido dirigidas a mejorar la calidad de la conversión, aumentar la red de distribución de GNV, incorporar nuevas tecnologías de conversión al país y perseverar por la confiabilidad del suministro.

En segundo lugar, la presentación realizada por Fedebiocombustibles se enfocó en tres aspectos importantes:

- 1) La insostenibilidad ambiental, económica, social y política del modelo energético del transporte soportado por el petróleo.
- 2) Las oportunidades de mejoramiento de la calidad de los combustibles fósiles líquidos a base de mezclas con biocombustibles.
- 3) La política nacional de apoyo a los biocombustibles como estrategia para la generación de empleo, aprovechamiento del agro y reducción del

consumo de petróleo por parte del sector transporte en el país.

Al año 2009 existen 44 mil hectáreas dedicadas a la producción de materia prima para alcoholes carburantes, 232 mil hectáreas para la producción de materia prima para biodiesel, y 121 mil hectáreas adicionales en desarrollo. De acuerdo con las proyecciones, para 2012 se espera la posibilidad de entregar gasolinas y diesel con una mezcla superior al 10% de biocarburantes.

Finalmente, la alternativa llamada a generar la revolución energética del transporte urbano terrestre es la energía eléctrica. Este energético –considerado cero emisiones en el destino final (zona urbana)– tiene varias ventajas, entre otras hacer un mejor uso racional de la energía, aprovechar la infraestructura eléctrica existente, aprovechar recursos naturales renovables, reducir el consumo de combustibles fósiles, poseer mayor estabilidad de precios y contribuir al mejoramiento ambiental de las ciudades desde conceptos como aire y ruido.

A partir del concepto de eficiencia energética los medios no motorizados presentan los mayores beneficios. Por su parte, los modos de transporte motorizados con mayor eficiencia energética son la bicicleta eléctrica, el transporte público masivo eléctrico (metro, tranvías, trenes) y el vehículo eléctrico (proyecciones mundiales de incorporación gradual desde 2015). Finalmente, en la escala de eficiencia energética se encuentran los buses y los vehículos de combustión interna, que aprovechan entre el 15-40% del potencial energético de los combustibles convencionales.

Con relación a las fuentes de energía eléctrica se encuentra que en Colombia, con un esquema de operación normal, la producción de energía eléctrica proviene en un 80% de la generación hidroeléctrica mientras que el restante 20% proviene de centrales

térmicas (gas + carbón). En este sentido, el país podría incrementar la participación de las centrales hidroeléctricas en el esquema de generación nacional gracias al aprovechamiento del potencial hidroenergético adicional estimado en cerca de 90 GW de potencia. Con base en este presupuesto se estaría garantizando el cubrimiento de la demanda de energía eléctrica para el próximo medio siglo, incluidos vehículos y sistemas de transporte eléctrico.

Algunos comentarios de estas presentaciones permiten identificar que los biocombustibles, especialmente biodiesel, ofrecen ventajas para el transporte público colectivo (buses + colectivos), mientras que el gas natural vehicular y los biocombustibles en general, ofrecen ventajas comparativas en el corto y mediano plazos para el vehículo particular debido a sus bajos costos de inversión. Sin embargo, algunos riesgos asociados a estos energéticos son: confiabilidad del suministro; sostenimiento del esquema energético del transporte y principalmente del vehículo particular, soportado por combustibles líquidos fósiles; sostenimiento de las emisiones de gases efecto invernadero y de los niveles de ruido urbano; el aprovechamiento de tierras con vocación agrícola para alimentos; el aumento de los consumos de agua para riego, intervención de grandes áreas de suelos con cultivos intensivos, incremento del uso de fertilizantes y químicos para los suelos con inminentes consecuencias para el ambiente.

Según el profesor Sarmiento, el transporte es responsable de un porcentaje importante de las emisiones de efecto invernadero y causante de la mala calidad del aire en zonas urbanas. En este sentido, utilizar biocombustibles y gas natural reducirá las emisiones más estudiadas de las unidades de transporte aunque otras emisiones como el material particulado ultrafino, el benceno, los compuestos orgánicos volátiles y el butano, empezarán a tomar mayor relevancia. A su vez, las emisiones de gases efecto invernadero

seguirán siendo considerables. Asimismo, el uso de energía eléctrica también deberá considerar el manejo de baterías y esquemas de producción con energía térmica. Finalmente, la efectividad en la reducción de emisiones estará en función de la edad y tecnologías vehiculares, los hábitos de conducción, el mantenimiento y las velocidades de desplazamiento.

Por otra parte, una estrategia de reorganización del transporte público urbano en las principales ciudades colombianas se asocia a la implementación de sistemas de transporte masivo BRT (por su original *Bus Rapid Transit*). Este concepto de transporte asociado a buses en vías exclusivas en el país se soporta energéticamente con el diesel, a excepción del sistema MetroBus de Medellín que a la fecha se ha inclinado por el GNV. Algunos argumentos para el uso masivo del diesel han sido los bajos costos de inversión de las unidades vehiculares y la confiabilidad del suministro con base en esquemas de autoabastecimiento o importación de combustibles.

El sistema Transmilenio, versión exitosa de BRT a nivel mundial, permitió sustituir viejas unidades de transporte público colectivo, contaminantes, lentas y conflictivas con el tráfico de la ciudad por unidades de transporte con mayor capacidad, mejor uso de energía, mayor velocidad y mejores controles de calidad. Con este esquema se estima que los factores de emisión de los buses de Transmilenio hoy sean 5 veces menores al compararlos con los factores de emisión de los buses de transporte público colectivo, lo que ha permitido una reducción entre 3-10 decibelios en las troncales en las que opera el sistema.

Durante el último año, Transmilenio desarrolló un estudio para evaluar los beneficios y desventajas asociadas a tecnologías de gas natural dedicado y biodiesel en la flota. Como resultado de este estudio se encontró que la tecnología de gas natural dedicada presentó reducción de emisiones pero sus resultados

operacionales no fueron satisfactorios. Algunos problemas fueron la baja autonomía de trabajo, pérdida de eficiencia por altitud, incremento en un 30% de los costos operativos, susceptibilidad a detenimiento por pérdida de presión en el tanque de almacenamiento, falta de soporte y baja rentabilidad.

Con respecto al uso de biocombustibles en la flota en operación de Transmilenio se encontró un buen desempeño, sin incremento en costos operativos ni deterioro de componentes, tampoco se evidenció incremento del consumo de combustible. Con base en estos resultados, Transmilenio descartó en el corto plazo la incorporación de buses con gas natural y se enfocó hacia el uso de biodiesel en mezcla 5%.

De igual forma, Transmilenio presenta apartes de la Ley 1083 de 1996 en la cual se definen los combustibles limpios para el transporte, entre los cuales aparece la energía eléctrica como alternativa energética no estudiada mediante pruebas piloto en Bogotá. Sobre este particular, el uso de la energía eléctrica en buses o tranvías de superficie con opción llantas, permitirá reducir de manera relevante las emisiones y el ruido en zonas altamente densificadas; reducir los costos por concepto de energía; introducir cambios urbanos que podrían desestimular el uso del vehículo particular. En este sentido, el investigador Andrés Díez presentó un análisis en el cual los buses eléctricos articulados podrían ser una alternativa viable para implementar en el esquema operativo de Transmilenio.

Asimismo, costos relativamente altos en inversión inicial pueden ser compensados al incluir dentro del análisis de selección de alternativas, las externalidades directas, los beneficios por costos de oportunidad, el impulso hacia el desarrollo de nuevas culturas urbanas, el aumento de la competitividad, mayor vida útil de las unidades (25 años en comparación con los 10 años de tecnologías de combustión) y los

beneficios económicos país asociados al uso de la electricidad en el transporte.

Por su parte, las mayores desventajas de los buses articulados eléctricos son la inversión inicial, el soporte y la dependencia de las catenarias. Sobre estos temas, los representantes de Sytecsa presentaron un análisis de las tecnologías de buses eléctricos, en las cuales los costos han mantenido un comportamiento negativo durante los últimos años. De igual forma, un costo entre 2-3 veces el costo de un bus diesel también se puede relacionar con una vida útil mayor entre 2-2,5 veces. Con relación al soporte, esta empresa al dominar, con conocimiento nacional, los procedimientos de mantenimiento y soporte a las tecnologías de tracción eléctrica del metro de Medellín y tren de Panamá, puede dar soporte en Colombia a las nuevas tecnologías de transporte eléctrico. Finalmente, la dependencia de las catenarias se ha reformulado con la implementación de paneles con baterías recargables, lo que le permite a un bus eléctrico desconectarse de la red de alimentación durante recorridos en cruces, pasos subterráneos o zonas de conservación arquitectónica.

A partir de estos argumentos queda en el ambiente la intención para que el sistema Transmilenio analice a través de pilotos la posibilidad de implementar un BRT eléctrico en Bogotá. Estas tecnologías se han implementado con éxito en Mérida (Venezuela), Lyon (Francia), Atenas (Grecia), Sao Pablo (Brasil), México D.F. (México), Roma (Italia), entre otras ciudades.

Un sistema BRT eléctrico exitoso es el desarrollado en México D.F. El Corredor Cero Emisiones cuenta con 10 líneas que incorporan en su conjunto 19 terminales, 902 paraderos, y una demanda de 243.540 pasajeros en día laboral. Este sistema opera con trolebuses desde 1954, conectando estaciones de autobuses del norte y del sur. A nivel operativo, el Corredor Cero Emisiones cuenta con una longitud de

36.6 km, transitando a una velocidad comercial de 18 km/hora con un intervalo de servicio entre 2.5 a 3 minutos.

La principal justificación del uso de sistemas de tracción eléctrica se fundamenta en conceptos de sostenibilidad ambiental que priman sobre análisis mecanicistas de costos de inversión. El sistema eléctrico de transporte es una opción: limpia, económica y no contaminante que mitiga la emisión de contaminantes. Este hecho cobra mayor impacto si se tiene presente la problemática medioambiental de México D.F. A su vez, un gran propósito de implementar del corredor es el reordenamiento del tránsito, el retiro de transporte público concesionado y la exclusividad del trolebús en el corredor por medio de carriles confinados. Hoy se estudia la posibilidad de ampliar la cobertura del corredor con un tren eléctrico para dar cobertura a una zona alejada, con problemas de movilidad y deprimida que espera ser reestructurada con el nuevo corredor eléctrico urbano.

Algunos beneficios que se plantean para la ciudad mexicana son:

- 1) Mejoramiento de la vialidad para el transporte público de pasajeros y automóviles privados.
- 2) Reducción de ruido y contaminación ambiental.
- 3) Interconexión con otros modos de transporte.
- 4) Mejoramiento del entorno urbano sobre el Corredor Eje Central.
- 5) Incremento de la seguridad de usuarios y peatones.
- 6) Incremento de la vida útil de componentes o sistemas que integran la infraestructura de transporte.
- 7) Incremento significativo de usuarios al elevarse el factor de ocupación de los trolebuses durante las horas de baja demanda.
- 8) Fortalecimiento de la confianza de la ciudadanía hacia el uso del transporte eléctrico.

Para concluir, este evento constituyó una excelente oportunidad para gestionar conocimiento asociado a nuevas iniciativas de movilidad, transporte, energía y sustentabilidad aplicables en la ciudad/región de Bogotá en busca de una mejor calidad de vida de los ciudadanos, la conservación del ambiente y el incremento de la competitividad de la región. El mayor valor agregado del evento realizado son las múltiples preguntas sin respuesta que pudieran generar en los asistentes objetivos de desarrollo a partir de más y mejores estudios y debates sobre la movilidad de la ciudad/región. En este sentido, la Universidad de La Salle y el programa de ingeniería civil, mediante sus grupos de investigación, continuará con el desarrollo de investigaciones sobre este tema y la gestión del conocimiento con el fin de aportar a la búsqueda de estrategias más eficaces que permitan, de alguna manera, estructurar la sustentabilidad del transporte urbano en la ciudad/región.

Carlos Felipe Urazán Bonells
Edder Alexander Velandia Durán