

Movilidad sostenible en Bogotá D.C. – caso metro Bogotá

Sustainable mobility in Bogotá DC – Bogotá rail transit case

Rafael Andrés Moré Jaramillo, Matthieu Giret

Resumen



La situación actual de la movilidad en la ciudad de Bogotá es crítica, el transporte público no es suficiente y eficiente en horas pico para soportar la demanda, por lo cual se requiere de una alternativa de transporte público masivo y limpio que este alineado con las políticas del Plan de Desarrollo de la Alcaldía Mayor de Bogotá y el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá¹. Los estudios iniciales muestran la viabilidad de la implementación del metro, sobre todo por los beneficios que trae a nivel ambiental en donde los aportes a la disminución de emisiones atmosféricas como gases efecto Invernadero (CO₂) son evidentes al tratarse de un sistema cuyo combustible es la energía eléctrica.

Para determinar inicialmente si el metro de Bogotá sería un sistema de transporte público viable, se deben realizar los estudios de prefactibilidad y factibilidad en las áreas financieras, técnicas, urbanísticas, ambientales, jurídicas, operativas, socioeconómicas y de demanda de las líneas previamente establecidas, sin embargo, se realizó inicialmente un comparativo del sistema eléctrico férreo con los sistemas de transporte existentes en las variables emisión de CO₂, generación de ruido y velocidad promedio del viaje, en las cuales se muestra que el metro es más beneficioso que los sistemas de transporte público existentes en la ciudad.

Palabras clave: Metro Bogotá, Sistema Integrado de Transporte Público, Movilidad, Sostenibilidad.

Abstract



The actual mobility situation in Bogotá city is critic, the public transport isn't sufficient nor efficient to support the demand in peak hours, therefore it is needed a massive and clean public transport that it is aligned with the politics of Bogotá Mayoralty Development Plan and Bogotá Land Use Plan. Initial studies show the feasibility of the implementation of the rail transit; specially for the environmental level benefits where it contributes to the reduction of air emissions as greenhouse gases (CO₂) effects are evident when dealing with a system that use fuel as electricity.

To initially determine whether the rail transit would be a viable public transit system it is necessary to performed a pre-feasibility and feasibility studies in the financial, technical, urban environmental, legal, operational, socioeconomic and demand of the previously established lines, however, a comparison of the rail transit electrical system was initially performed with the existing transportation systems in CO₂ emissions, noise generation and average speed of the journey variables, which shows that the rail transit system is more beneficial than the existing transport systems in the city.

Keywords: Bogotá Rail Transit, Public Transport Integral System, Mobility, Sustainability.

1. El desarrollo de proyectos de infraestructura y movilidad de Bogotá, deberán ser afines a las políticas de desarrollo y de ordenamiento territorial planteadas por la organización. Sin embargo, los dueños y ejecutores de los proyectos podrán desarrollar de forma independiente sus propias políticas y procedimientos de proyectos si se encuentran en estructuras organizacionales matriciales, siempre que no entren en conflicto con las políticas de la organización o gobierno [1].

Recibido: Octubre 18 de 2013 **Aprobado:** Diciembre 06 de 2013

Tipo de artículo: Investigación científica y tecnológica terminada.

Afiliación Institucional de los autores: Grupo de Investigación Choc Izone, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Programa de Administración de Empresas y Facultad de ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental.

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

Introducción

Actualmente, Bogotá forma parte de las tres ciudades de más de siete millones de habitantes que no tienen metro, las dos otras son Kinshasa (Congo) y Dhaka (Bangladesh) [2]. Esta observación incita a la búsqueda de información sobre el tema del transporte público en la ciudad y el tema de la implementación de un metro. En el ámbito institucional una gestión pública gubernamental eficiente para la ciudad de Bogotá, se desarrolla al caracterizar la movilidad como una acción sostenible, la cual se concibe como aquella capaz de satisfacer las necesidades actuales, sin comprometer la misma satisfacción de las necesidades futuras.

El Decreto 309 de 2009 que regula el sistema integrado de transporte público de Bogotá – SITP-, presenta las estrategias tendientes a organizar y optimizar el transporte público de pasajeros. A través de este decreto se propone una movilización ideal de personas por medio de un sistema de transporte público que tiene como base organizacional un modelo único en donde se integre el sistema de transporte masivo y colectivo actual, además de otros sistemas por desarrollar como el metro. De igual forma, el plan maestro de movilidad define al transporte masivo como aquel medio “constituido por las líneas de metro, troncales de buses y líneas de tranvía y sus respectivas rutas alimentadoras. En la periferia de la ciudad se deberá integrar con el tren de cercanías”.

Justificación del proyecto metro Bogotá

En el acuerdo 489 de 2012, por el cual se adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá D.C. 2012-2016 – Bogotá Humana [3], uno de los proyectos prioritarios es la “construcción e integración de la red férrea como eje estructurador del Sistema de transporte público”. Con el objetivo “que la ciudadanía disponga de un servicio de transporte público con calidad, equidad y ambientalmente sostenible” [3]. Se pretende “construir un sistema de movilidad con enfoque ambiental y humano”, “reducir la vulnerabilidad de la ciudad y los grupos humanos respecto al cambio climático y los desastres naturales” y “mejorar las condiciones ambientales y sanitarias en las veinte localidades

de Bogotá D.C., favoreciendo la calidad de vida y salud de la población”. [3].

El proyecto metro de Bogotá se justifica desde el en el Plan de Desarrollo 2012 – 2016, dentro del eje dos “Un territorio que enfrenta el cambio climático y se ordena alrededor del agua”, en su objetivo “Construir un sistema de movilidad con enfoque ambiental y humano”, en el que se plantea que la “movilidad sostenible debe ser alcanzable mediante la oferta de alternativas modales e implementación de acciones que limiten las emisiones y los desperdicios, optimizando el consumo de recursos (no renovables y renovables), reutilización y reciclaje de sus componentes y minimizando la producción de ruido y contaminación visual”; de igual forma, el Plan de Desarrollo 2012 – 2016, establece que el desarrollo del distrito deberá realizarse de conformidad con los criterios en favor de la salud ambiental de la ciudad y basados en los conceptos, acciones y prácticas que enfoquen los resultados en contra del cambio climático.

Paralelamente se justifica mediante el Decreto 364 de 2013 “Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D. C” en su Artículo 135 - Lineamientos para la mitigación de gases efecto invernadero (GEI), en el cual el Distrito Capital promueve medidas que buscan reducir las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera en los sectores de movilidad y subsistema transporte; Artículo 155 – Políticas de ordenamiento territorial en el suelo urbano, en la cual se busca mejorar la calidad de vida de la población reconociendo su diversidad y necesidades diferenciales promoviendo condiciones para la igualdad de oportunidades y equidad de género, en las políticas de sostenibilidad ambiental, gestión del riesgo y adaptación al cambio climático y política de movilidad, en donde se prioriza dentro del transporte público el modo férreo y tecnologías limpias; Artículo 178 – Corredor verde urbano, en la cual se buscan desarrollar áreas que hacen parte del subsistema vial que por sus características funcionales, ecológicas, paisajísticas y/o de configuración urbana, tienen el potencial de contribuir al desarrollo urbano sostenible y a la integración eficiente de los componentes del subsistema de transporte que operan con tecnologías limpias; entre otros.

Movilidad Bogotá

Según el Consejo Nacional de Política Económica y Social el Programa Nacional de Transporte Urbano (PNTU) hace parte de una estrategia de política pública que viene siendo adelantada por el Gobierno Nacional para contribuir a mejorar los sistemas de transporte público urbano en las principales ciudades del país. Este programa se diseñó en respuesta a los retos que afrontaban las ciudades en términos de su crecimiento demográfico relacionado con la congestión de tránsito (ver gráfica 1), el acelerado incremento en las tasas de motorización (ver gráfica 2 y mapa 1), y los grandes desafíos que estos fenómenos conllevaban para los sistemas de movilidad urbana con su incidencia en la pérdida de productividad y el condicionamiento de la competitividad futura de las ciudades [4].

De acuerdo Departamento Nacional de Planeación existen cuatro causas principales de la operación ineficiente del transporte público en las principales ciudades de Colombia como la sobreoferta de servicios, altos tiempos de viaje, equipo automotor obsoleto y superposición de rutas [5]. Estos efectos tienen implicaciones sociales y económicas asociadas al deterioro de la calidad de vida y del medio ambiente en las ciudades.

El parque automotor registrado en la ciudad de Bogotá se compone de vehículos de servicio particular, público y oficial, en una proporción de 92% (1.455.062), 7% (104.298) y 1% (13.351) respectivamente [3]. De acuerdo con la Encuesta de Movilidad del 2011, se realizan 17.611.061 viajes en el día en la ciudad, de los cuales un 46% se realiza a pie, un 29% en transporte público (20% en el colectivo y 9% en TransMilenio), un 10% en automóvil, un 4% en taxi, un 3% en bicicleta, otro 3% en transporte escolar, un 2% en moto y el restante 3% utiliza transporte informal, transporte intermunicipal, entre otros medios de transporte [6].

En el Mapa 2 y 3 se pueden observar los orígenes y destinos de los viajes que hacen los bogotanos durante el día, observándose que los principales atractores y generadores de viajes se encuentran en las zonas que componen el centro expandido, Suba, calle 80, Kennedy y el municipio de Soacha. Con respecto al transporte público en hora pico de generación se observan que los viajes en este modo se originan en la periferia, principalmente en

zonas como Suba, Calle 80, Kennedy, Bosa y Usme, mientras que en hora pico de destino se encuentran los viajes hacia el centro de la ciudad, entre las calles 6 y 127, entre los cerros y la carrera 30, llamado el centro expandido de la ciudad. En la hora valle, que representa el movimiento esperado de los viajes entre los picos, se observa que los viajes se originan principalmente en las zonas de servicios de la ciudad y las zonas donde se encuentran los puestos de trabajo, y en general las áreas donde se han desarrollado zonas que concentren servicios y puesto de trabajo como en la zona industrial que se encuentra en la carrera 68 y la Av. Américas; con respecto al destino, ya que estos viajes se hacen entre zonas de trabajo y de servicios, no es de sorprender que sean las mismas zonas a las que se originan.

El actual transporte público está compuesto por una oferta física distribuida entre buses, busetas y microbuses, los cuales por su tipo de combustible generan emisiones de gases y ruido que afectan la salud de la población del área de influencia, y un transporte masivo Transmilenio que fue implementado en el año 2000. “De acuerdo con el documento “Un tranvía llamado deseo” del Arq. Pablo Bullande: “Los nuevos sistemas de tranvías fueron puestos en marcha casi siempre en el marco de un proyecto urbano concebido en forma integral. Es decir, un proyecto de ciudad sustentable que asume la diversidad y la jerarquía de los miembros del sistema, comprende sus necesidades y sus potenciales, actúa simultáneamente en las diferentes escalas y se desarrolla en el tiempo con la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios que la vida misma le exige”[7], de esta forma, el metro adopta las características de un sistema sustentable y se inmersa en la ciudad para aportar en temas de salud ambiental, crecimiento, desarrollo y una mejor calidad de vida.

Movilidad sostenible

Los estudios realizados por el distrito proponen un orden de construcción de las líneas que componen la propuesta metro para Bogotá, articuladas en algunos casos a las líneas del tren de cercanías, con base en una evaluación multicriterio y a los modelos de transporte ya existentes; el Mapa 4 muestra las líneas propuestas inicialmente por la secretaria de movilidad en el año 2010 teniendo como base la evaluación de la demanda del sistema metro de Bogotá.

El proyecto metro de Bogotá podría satisfacer las condiciones ambientales para aportar a la sostenibilidad de la ciudad, ya que es un sistema férreo no contaminante orientado a mejorar la calidad de vida y salud de los bogotanos. Este sistema de transporte elimina importantes cantidades de gases contaminantes locales y globales, aporta al mejoramiento del paisaje, a la reducción de niveles de ruido y crea una oportunidad de rediseño de zonas verdes y del espacio público existente. De esta forma, el proyecto brinda la posibilidad de generar un corredor verde, en donde se mejora la movilidad, la dotación de mayor espacio a peatones, la presencia de vegetación y la operación de sistemas de transporte masivo con tecnologías limpias.

Para determinar inicialmente si el metro de Bogotá sería un sistema de transporte público viable se deben realizar los estudios de prefactibilidad y factibilidad en las áreas financieras, técnicas, urbanísticas, ambientales, jurídicas, operativas, socioeconómicas y de demanda de las líneas previamente establecidas, para lo cual la administración distrital puede optar por pedir préstamos bancarios y desarrollar el proyecto por licitaciones públicas o incentivar el desarrollo de Asociaciones Público-Privadas (APP) que desarrollen el proyecto con recursos monetarios privados o compartidos (entre el privado y público) que aseguren la viabilidad de la construcción y operación de estos sistemas férreos.

Sin embargo, se presenta a continuación un ejemplo comparativo de las variables emisión de CO₂, generación de ruido y velocidad promedio del viaje del sistema eléctrico férreo con los sistemas de transporte existentes, con el fin de analizar inicialmente el posible impacto del metro. Los resultados obtenidos inicialmente con 18 horas de funcionamiento al día y 600.000 pasajeros (datos obtenidos del primer estudio de prefactibilidad del metro ligero por la Carrera Séptima aprobado en el 2013 por la Alcaldía Mayor de Bogotá) se encuentran en la tabla 1, en donde se observa que el transportar 600.000 pasajeros/día, en el Transporte Público Actual (Buses, busetas, microbuses, taxi y Transmilenio) produce 589.116 toneladas CO₂ al año; en el Transporte Público Tradicional (TPT) (Buses, busetas, microbuses y taxi) produciría 786.592 toneladas CO₂ al año; en el Transporte Público Oficial (TransMilenio) produciría 64.799 toneladas CO₂ al año. Comparado con el TPT, el TransMilenio permite

una reducción anual de emisiones de CO₂ igual a 197.446 toneladas CO₂. El proyecto Metro de Bogotá producirá 82 toneladas CO₂ anualmente para transportar 600.000 pasajeros/día, es decir, 786.510 toneladas CO₂ menos que el TPT o un 99,98% menos de emisiones de CO₂ (Cálculos realizados con datos obtenidos en [8-9]).

Por otro lado, sobre el ruido ambiental, se observa que el metro es la fuente móvil que genera menos ruido ambiental comparado al transporte público colectivo e oficial actual. Un vehículo de TPT genera 54 dB más que un metro y un TransMilenio genera 53 dB más que un metro [10-11]. Sin embargo, los decibeles emitidos por las fuentes móviles no representan el ruido real en el entorno que se puede aumentar o disminuir por infraestructuras u otros factores; Según Guidelines for Community Noise, el ruido fue siempre un importante problema ambiental para el ser humano. Comparado con otros contaminantes, el control de ruido fue difícil por conocimientos insuficientes de acuerdo a sus efectos sobre la salud humana. El ruido causado por el transporte es la principal fuente de contaminación incluyendo el ruido vehicular, ferroviario y aéreo, de esta forma, el nivel de ruido vehicular depende del flujo de tráfico, de la velocidad de los vehículos, de la proporción de vehículos pesados y del estado de la vía, mientras que el nivel de ruido que pueda emitir un metro depende principalmente de su velocidad, del tipo de máquina, de vagones y de rieles instalados [12].

Igualmente, el metro tendría la posibilidad de tener mayor velocidad que el transporte público actual, con una velocidad promedio entre 25 - 35 km/h (dependiendo de los cruces vehiculares, paradas semafóricas, distancia entre estaciones, entre otros), igualando o superando la velocidad del TransMilenio de 26 km/h y superaría la velocidad del TPT de 15,7 km/h [13].

De esta manera, si se analiza el metro bajo los anteriores tres parámetros podría ser beneficioso para los bogotanos, sin embargo una mayor aproximación de los valores enunciados en este estudio inicial y mayor cantidad de variables consideradas se podría conseguir con resultados específicos en cada zona de Bogotá, con estudios asistidos por computador para generar modelos de simulación y con la evaluación de las consecuencias de los resultados encontrados (consecuencias de la reducción de contaminación del aire, consecuencias

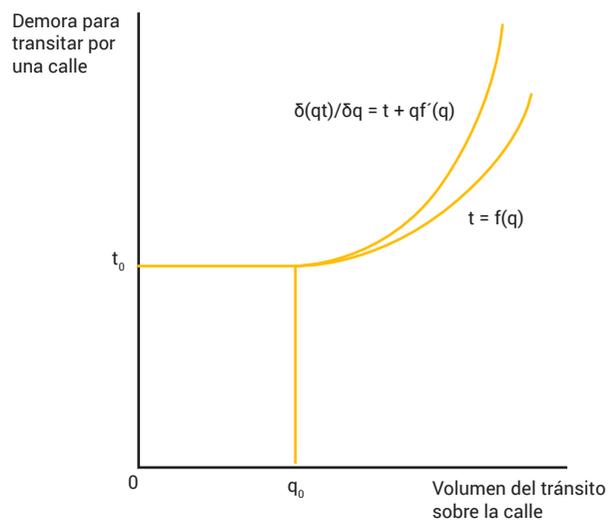
de la reducción del ruido, consecuencias de la ganancia de tiempo, el confort, la tarifa del pasaje, etcétera). Sin embargo, aunque el proyecto trae variedad de externalidades positivas a la población, a la economía y al ambiente, es necesario minimizar los posibles impactos negativos que el proyecto podría traer a la sociedad y al ambiente en las etapas de construcción, operación y desmantelamiento, que en general están asociados a la producción de residuos sólidos, especiales y peligrosos, el consumo de agua y energía, y a la barrera visual que se genera al desarrollar este tipo de macroproyectos (involucra una efectiva dirección de los proyectos, programas y portafolios para lograr los propósitos que los entes gubernamentales y sociales requieren²).

La demanda mundial actual de petróleo es igual a 87,4 millones de barriles diarios de petróleo y alcanzará 99,7 millones de barriles diarios de petróleo en 2035. Se concluye que la problemática del uso masivo de combustibles fósiles va a amplificarse en el futuro. “El sector transporte ya supone más de la mitad del consumo mundial de petróleo, y esta proporción tenderá incrementarse” [15]. El sector del transporte es responsable del 25% de emisiones totales de CO₂ a partir del uso de combustibles fósiles [16]. Se pone en evidencia que con respecto a las emisiones de CO₂, el sector transporte es un actor preponderante donde se debe tomar acciones. En Colombia, el sector transporte es responsable del 15% de las emisiones CO₂ [17], y en Bogotá, el transporte depende 100% de combustibles fósiles, al igual que se observa un crecimiento del parque automotor [17].

2. “En organizaciones maduras en dirección de proyectos, la dirección existe en un contexto más amplio regido por la dirección de programas y la gestión del portafolio. Las estrategias y prioridades de una organización se vinculan, y se establecen relaciones entre portafolios y programas, y entre programas y proyectos individuales. La planificación de la organización ejerce un impacto en los proyectos, a través del establecimiento de prioridades basadas en los riesgos, el financiamiento y el plan estratégico de la organización. La planificación de la organización puede guiar el financiamiento y el apoyo a los proyectos que componen el portafolio basándose en categorías de riesgo, líneas de negocio específicas o tipos generales de proyectos como infraestructura y mejora de los procesos internos” [14].

De esta forma, la movilidad sostenible en la ciudad de Bogotá se está proyectando hacia el desestimulo del transporte privado y al uso de combustibles fósiles, estimulando la movilización en medios integrados de transporte masivo cuyo combustible provenga de energías más amigables con el ambiente. Los servicios urbanos e infraestructura baja en carbono son aquellos que facilitan la prestación de servicios tales como transporte, energía y agua que apoyan el desarrollo social y económico, contribuyendo al mismo tiempo a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. “Las dos principales soluciones para reducir la contaminación por CO₂ en las ciudades son: reducir el uso del automóvil y promover el transporte urbano y no motorizado” [18]. De esta forma, las estrategias de sostenibilidad para la movilidad en Bogotá, deberán estar enmarcadas en el desarrollo de políticas para promover el transporte no motorizado (implementación de redes peatonales y optimización de la red de ciclorutas), la promoción de áreas verdes y de recreación, autobuses eléctricos y/o que utilicen combustibles renovables, y sistemas metro o ferrocarriles integrados con los demás sistemas que se propulsen con electricidad de origen renovable.

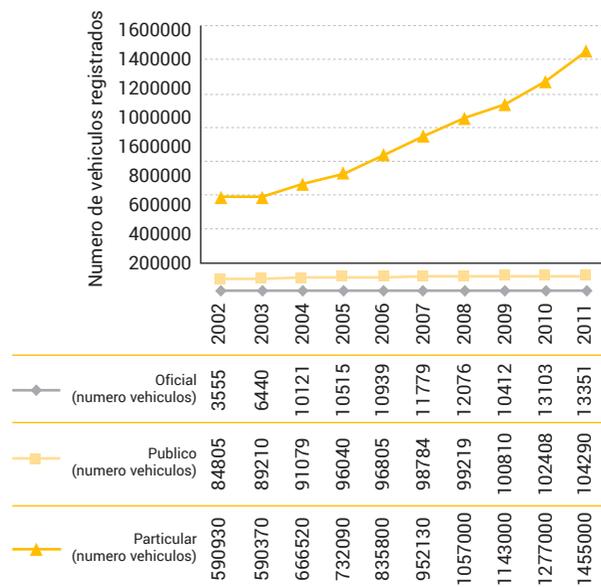
Grafica 1. Representación esquemática del concepto de la congestión de tránsito. - Fuente: [19]



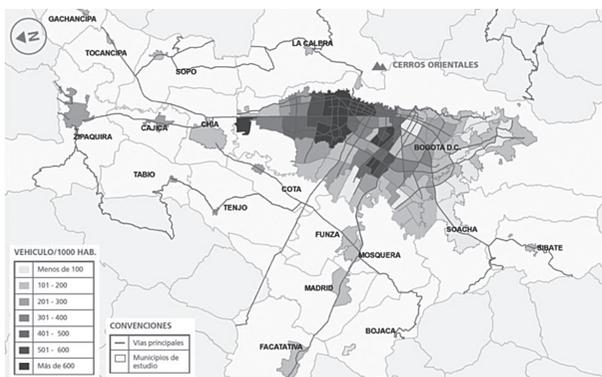
Thomson define la congestión como “la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás”. Fue establecida una gráfica para representar el concepto de la congestión de tránsito. En la gráfica 1, se pueden observar dos curvas. Se presenta “mediante la función $t = f(q)$, el tiempo (t) necesario para transitar por una ca-

lle, a diferentes volúmenes de tránsito (q). La otra curva, $\delta(qt) / \delta q = t + qf'(q)$ se deriva de lo anterior. La diferencia entre ambas curvas representa, para cualquier volumen de tránsito (q), el aumento del tiempo de viaje de los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción del vehículo adicional” [19]. De esta forma se encuentra la definición más adaptada para la congestión vehicular: “Surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda” [19]. “En los últimos años, especialmente desde principios de los años noventa, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han causado, particularmente en las ciudades grandes, más congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales” [19].

Comportamiento de los vehículos registrados en Bogotá



Gráfica 2. Comportamiento de los vehículos registrados en Bogotá. – Fuente: [3]



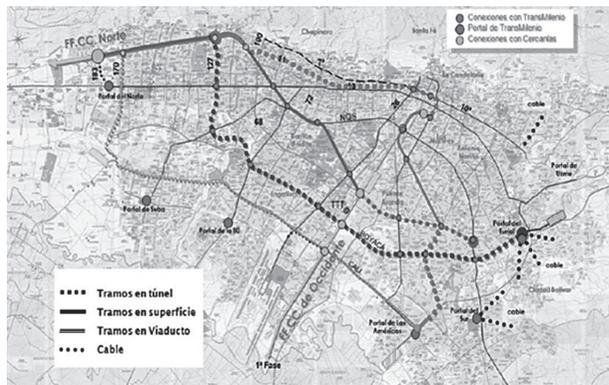
Mapa 1. Tasa de motorización por personas. – Fuente: [20]



Mapa 2. Orígenes de los viajes en Bogotá. – Fuente: [6]



Mapa 3. Destinos de los viajes en Bogotá. – Fuente: [6]



Mapa 4. Propuesta inicial del distrito para la red metro.
– Fuente: [4]

Bibliografía

- [1] Kerzner, H. (2009). *Project Management a systems approach to planning* (decima edición ed.). New York: Wiley Publication.
- [2] Alcaldía Mayor de Bogotá (2014). *Porqué necesitamos el metro*. Recopilado el 10 de enero de 2014 de <http://metrodebogota.gov.co/por-que-necesitamos-el-metro/>
- [3] Alcaldía mayor de Bogotá (2012). *Plan de Desarrollo Distrital Humana 2012-2016*. Recopilado el 10 de marzo de 2013 de <http://www.bogota-humana.gov.co/index.php/component/content/>

| Sistema de transporte | | Emisiones gr/CO ₂ por pasajero (*) | Emisiones TonCO ₂ / año (600.000 pasajeros al día) - (año: 300 días de operación) | Ahorros económicos por menos contaminación anual por CO ₂ (USD) (***) | Ruido generado (dB) (****) | Velocidad promedio (km/h) (*****) |
|--------------------------------|------------------------|---|--|--|----------------------------|-----------------------------------|
| Transporte Público Colectivo | Bus | 970 | 786.592 | - | 90 | 18.3 |
| | Buseta | | | | | |
| | Microbús | | | | | |
| Transporte Público Individual | Taxi | 3400 | 589.116 | | | 23 (Promedio 2011) |
| Transporte Público Oficial | Transmilenio | 360 | 64.799 | 645.648 | 89 | |
| Transporte Público Ferroviario | Metro (Línea supuesta) | 0.45 (**) | 82 | 2571.889 | 36 | 25-35 |

(*) Datos obtenido de: **Guidelines for national green house gas inventories 1996 Cálculo: CAF.TM.2005**

(**) Según Zamora C., Bigas J, Sastre J., (2006), **Manual de Tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada, Universidad Politécnica de Madrid, ISBN: 84-86803-61-6** un metro construido por CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles), Alstom, Adtranz o Siemens, consume 360 kW/h y transporta 397 pasajeros promedio. Según **Guidelines for National green house gas inventories 1996 cálculo: CAF.TM.2005** 1 km produce 0,5 gr de CO₂ teniendo como fuente de producción de energía eléctrica una hidroeléctrica. De aquí se calcula la emisión por pasajero del metro.

(***) Valor Ton CO₂ bolsa Europea (SendeCO₂) - euros promedio mayo 2013: €3.7

(****) Datos obtenidos de: Behrentz E., Franco J.F., José Pacheco, (2009), **Caracterización de los niveles de contaminación por ruido en Bogotá, Estudio Piloto, Bogotá, Universidad de los Andes y Zamora C., Bigas J, Sastre J., (2006), Manual de tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada, Universidad Politécnica de Madrid, ISBN: 84-86803-61-6.**

(*****) Datos obtenidos de: Transmilenio S.A., (2012), **Informe de gestión 2011, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Secretaria de Movilidad.**

Tabla 1. Matriz de análisis comparativo. – Fuente: [21]

- article/11-plan-de-desarrollo/410-lan-de-desarrollo-bogota-humana-2012-2016.
- [4] Conpes – Consejo Nacional de Política Económica y Social (2010), *Conpes de Movilidad Integral para la región capital Bogotá*.
- [5] Departamento Nacional de Planeación, (2003), *Conpes 3260 Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo*, Bogotá.
- [6] Moreno Y., Mayorga D., (2012), *Movilidad en cifras 2011*, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Secretaria Distrital de Movilidad, Banco de Republica.
- [7] Alcaldía Mayor de Bogotá (2011) *Proyecto corredor verde – Solución urbana integral Carrera 7 Bogotá*
- [8] Guidelines for national green house gas inventories (1996). Cálculo: CAF.TM.2005
- [9] Zamora C., Bigas J, Sastre J., (2006), *Manual de Tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada*, Universidad Politécnica de Madrid, ISBN: 84-86803-61-6.
- [10] Behrentz E., Franco J.F., José Pacheco, (2009), *Caracterización de los niveles de contaminación por ruido en Bogotá*, Estudio Piloto, Bogotá, Universidad de los Andes
- [11] Zamora C., Bigas J, Sastre J., (2006), *Manual de Tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada*, Universidad Politécnica de Madrid, ISBN: 84-86803-61-6.
- [12] Berlung B., Lindvall T., Schwela D., (1999), *Guidelines for community noise*, Geneva, OMS.
- [13] Transmilenio s.a., (2012), *Informe de gestión 2011*, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Secretaria de Movilidad.
- [14] Project Management Institute. (2008). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos - Guía del PMBOK*. Pennsylvania: PMI.
- [15] International Energy Agency, (2012), *World Energy Outlook 2012*. Resumen ejecutivo.
- [16] Organization for Economic co-operation and Development, (1997), *CO₂ emissions from road vehicles*, Paris.
- [17] Edder Alexander Velandia, 2013, *Transporte eléctrico: política y casos empresariales*.
- [18] Torres V., (2011). *Transporte bajo en carbono: revisión de la experiencia internacional*, Proyecto CEPAL – AECID.
- [19] Thomson I., (2002). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*, Revista de la CEPAL 76, p.109 - p.121
- [20] Secretaria Distrital de Movilidad, (2014). *Movilidad en Mapas*. Recopilado el 10 de enero de 2014 de www.movilidadbogota.gov.co.
- [21] Giret, M. & Moré, R. (2013). *Estudio comparativo entre el transporte público actual y el ferroviario desde los criterios de contaminación por CO₂, contaminación por ruido, velocidad de transporte, tarifa y satisfacción de la población*, Trabajo de grado programa de Ingeniería Ambiental, Universidad El Bosque, Bogotá.

Los Autores



Rafael Andrés Moré Jaramillo

Ingeniero Ambiental de la Universidad El Bosque, Magister en Administración de Negocios de la Universidad de Norwich de los Estados Unidos de América. Subgerente de la empresa consultora y constructora Interstruc Colombia Ltda, docente e investigador del programa de Administración de Empresas de la Universidad El Bosque, asesor ambiental en temas de infraestructura sustentables, gestión de operaciones sustentables y desarrollo de productos y servicios limpios para organizaciones. Miembro del Grupo de Investigación Choc Izone de la Universidad El Bosque.



Matthieu Giret

Ingeniero Mecánico, Industrial y Energético de la Escuela de Ingeniería Francesa Arts & Métiers ParisTech (ENSAM), Intercambio de 1 año en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque. Miembro de la Asociación de los Exestudiantes Arts & Métiers ParisTech.