



Bogotá, D.C.

Ciudad de Estadísticas

Boletín No. 55



**Índice de
Movilidad
en Bogotá, D.C.**

75%

50%

25%

Secretaría Distrital
de Planeación
Septiembre 2013



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
HUANA



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

Secretaría Distrital de Planeación

**Cra. 30 No. 25 - 90 • Torre B
Pisos 1, 5, 8 y 13**

Alcalde Mayor de Bogotá, D.C.

Gustavo Francisco Petro Urrego

Secretario Distrital de Planeación

Gerardo Ardila Calderón

**Sub-secretario de Información y
Estudios Estratégicos**

Roberto Prieto Ladino

Director Estudios Macro

Armando Sixto Palencia Pérez

Investigador

Carlos Alberto Velásquez Vega

Montaje y Diagramación

Javier Alexander Chaparro Gaitán

Bogotá, D.C. - 2013

Bogotá, D.C.
Ciudad de Estadísticas

BOGOTÁ
HUMANA

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. La movilidad urbana y el contexto internacional	6
2.2 Bogotá en el contexto colombiano y su evolución	7
2.3 ¿Cómo medir la movilidad y qué la determina?	11
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Variables a usar y estadísticas descriptivas.....	13
3.2. Metodología para la construcción del índice de movilidad	15
4. RESULTADOS	17
4.1. Políticas públicas de movilidad y efectos esperados sobre el índice	23
5. CONCLUSIONES	26
6. BIBLIOGRAFÍA	27
ANEXOS	29

1. INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana en las ciudades contemporáneas es uno de los ejes del desarrollo sostenible, definido como aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (Wessel, Bocarejo y Oviedo, 2012). De esta manera, el buen desempeño de la movilidad determinará en gran parte la productividad y la calidad de vida de la sociedad.

Las ciudades emergentes, siendo Bogotá una de ellas, enfrentan retos que tienen que ver con el crecimiento de la clase media, la alta motorización, la expansión de las ciudades, la reducción de la composición del hogar y la urbanización (MRC Europe, 2009). Todos estos factores ejercen presiones sobre la movilidad y de no ser solventados, o aminorados, es probable que pongan en riesgo la sostenibilidad misma de las ciudades. Es por ello que se requiere la formulación de políticas a partir de estudios y pronósticos que den cuenta del estado de la movilidad.

El buen desempeño de la movilidad urbana, además de relacionarse con mejoras en la productividad de los hogares y las empresas, se relaciona con menores niveles de segregación socioeconómica, mejores condiciones medio ambientales y una mayor calidad de vida de las personas. Se debe tener en cuenta que el estado de la movilidad no es homogéneo en las ciudades, por lo que los beneficios no se distribuyen de manera equitativa; la consecuencia de esta heterogeneidad es la segregación y menores posibilidades de acceso a oportunidades y empleos (Bocarejo y Oviedo, 2010). Las inequidades tienden a perpetuarse cuando una parte de la población que tiene dificultades de acceso al transporte público no hace parte de la clase media que privilegia el transporte privado y motorizado¹.

Por este motivo, la elaboración de un índice de movilidad es pertinente puesto que con base en éste se puede ver que tan heterogénea es la movilidad urbana para luego diseñar políticas públicas en aquellas zonas en donde la pobre accesibilidad al sistema, la congestión y la contaminación sean mayores.

El documento de aquí en adelante se presenta de la siguiente manera. Después de esta introducción, la segunda parte hace mención al marco teórico, donde se presenta una exposición del contexto de las ciudades emergentes, en general, y de Bogotá, en particular, para luego mencionar las metodologías utilizadas para el análisis de la movilidad. En la tercera parte se presenta la metodología implementada para la construcción del índice de movilidad para Bogotá. En la cuarta parte se comentan los resultados obtenidos y el efecto que tendría sobre el índice la implementación de diferentes políticas públicas. Finalmente, se presentan algunas conclusiones y recomendaciones.

¹ Siguiendo al Plan Maestro de Movilidad 2006, se entiende que la movilidad es un elemento esencial más no suficiente para garantizar el desarrollo urbanístico y económico deseado de la ciudad y la región.

2. MARCO TEÓRICO

La Movilidad urbana, como capacidad y facilidad para trasladarse, desarrollada a la par de la infraestructura en red, es el motor principal que le da forma a las ciudades contemporáneas (Bocarejo et al., 2012). Entre más alto es el grado de movilidad en una ciudad se espera que se generen círculos virtuosos de desarrollo económico, mejoras en calidad de vida y reducción de la segregación socioeconómica.

Actualmente, el estado de la movilidad difiere según el estado de desarrollo económico en que se encuentre la ciudad y el modelo de planeación escogido. Dentro de las muchas categorizaciones que existen para las ciudades se puede destacar la hecha por Lerner (2011) al clasificarlas por su madurez, modalidad y tamaño.

La madurez hace referencia al nivel de ingresos y determina que una ciudad es madura cuando cuenta con un ingreso per cápita mayor a los 25.000 dólares por año, de lo contrario es catalogada como emergente; la modalidad hace referencia a los modos de transporte utilizados, estipulando que las ciudades donde menos del 50% de los viajes individuales se hacen en transporte público son orientadas al transporte privado. Por último, sugiere que las ciudades con 5 millones de habitantes o más sean denominadas como grandes.

A partir de esta categorización, que da origen a 6 tipos de ciudades, se observa que son las ciudades maduras con un transporte orientado a lo público en donde hay mayores grados de movilidad, sin importar si son grandes o pequeñas². En las ciudades maduras y cuyo transporte está orientado hacia lo privado, la movilidad se asocia a mayores costos en infraestructura y energía, urbanización de baja densidad, altas tasas de motorización y polución³.

Por último, se identifican las ciudades emergentes y orientadas a lo público, en las cuales la oferta de infraestructura vial es insuficiente aun cuando el transporte público es el modo que prima. Adicionalmente, hay una presión sobre la oferta asociada a la consolidación de las clases medias y las crecientes tasas de motorización resultantes⁴.

Si se sigue esta clasificación, Bogotá se inscribiría dentro de la categoría de grande, emergente y cuyo transporte está orientado a lo público⁵. Conviene ahora ahondar en las características y tendencias de las ciudades emergentes para adentrarse posteriormente en Bogotá.

² Berlín, Viena, Estocolmo, Singapur, Nueva York, Tokio, Londres, Hong Kong, Paris entre otras

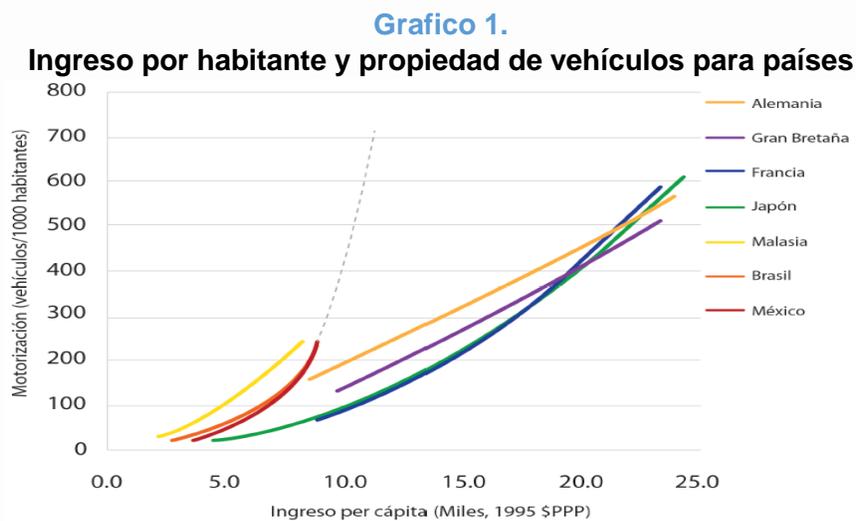
³ Este tipo de ciudades se ubican en los Estados Unidos y Canadá, algunos ejemplos son Los Ángeles, Chicago, Toronto, Filadelfia y Miami. En ciudades con características similares como Washington, Atenas, Bruselas o Milán, los problemas se ven atenuados por el menor tamaño.

⁴ Algunas de las ciudades mencionadas en el estudio son México, Sao Paulo, Jakarta, Beijing, Mumbay, Estambul, Bangkok. Como casos particulares Kuala Lumpur y Bagdad se muestran como ciudades emergentes orientadas al transporte privado.

⁵ Según la encuesta de Movilidad para Bogotá 2011, del total de los viajes motorizados el 41% es hecho en transporte público colectivo y el 18% en Transmilenio, por lo que el transporte público equipara el 60% de los viajes.

2.1. La movilidad urbana y el contexto internacional

De acuerdo con Lerner (2011), en 2050, el tiempo promedio gastado en congestión vehicular será de 106 horas por año, es decir, el triple al de la primera década del siglo XXI. Dicha congestión estará vinculada al aumento de las tasas de motorización en el mundo, que es y será jalonado por el ascenso de las economías emergentes. Además del aumento de la capacidad adquisitiva, los aumentos en productividad por reducción de tiempos de viaje y el status social asociado a la tenencia de un auto han generado en los países y ciudades emergentes crecimientos de la motorización más pronunciados que los registrados otrora en los países hoy desarrollados como se muestra en el Gráfico 1.



Fuente: Medina (2012)

Medina (2012) muestra la tasa de motorización frente al ingreso per cápita para evidenciar que si bien la tasa de motorización es más alta en países desarrollados como Alemania, Francia, Reino Unido o Japón, los crecimientos son mucho más pronunciados en países emergentes como Malasia, Brasil o México⁶, a tal punto que de seguir la tendencia, éstos últimos rebasarían a los primeros.

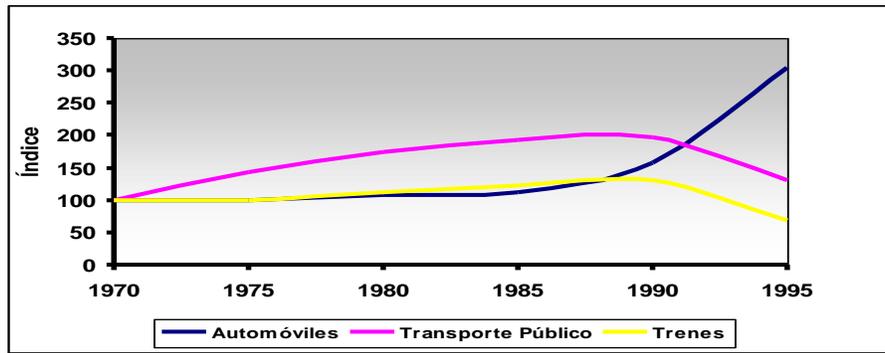
Consecuente con la relación entre desarrollo económico y tasas de motorización, se presenta el Gráfico 2 para tendencias de transporte en los países de la comunidad de estados independientes (CEI)⁷.

⁶ Señala Medina sobre México que la tasa de crecimiento de la motorización es de 6,32% anual, la cual está por encima del crecimiento demográfico de 2,41%.

⁷ Grupo de ex repúblicas soviéticas.

Grafico 2.

Tendencia Transporte de Pasajeros Países CEI en Transición (Pasajeros por Kilómetro)



Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2006⁸

Como se observa, en los países de la CEI, el crecimiento económico de la época incentivó la adquisición de automóviles a la vez que desincentivó el uso de buses y trenes. Sobre este fenómeno, Acevedo (2009), al analizar las tendencias para una ciudad intermedia de Colombia como Neiva, asevera que, para 2040, el transporte público puede desaparecer por el incremento en el uso de las motos que equipararían el 73% del total de viajes motorizados. Señala Acevedo que esto sería perjudicial para grupos poblacionales como niños, ancianos o discapacitados.

Adicional a los problemas de accesibilidad por parte de los grupos poblacionales mencionados, la motorización también puede dar origen a una serie de problemas como la multiplicación de los suburbios (baja densidad), la especulación en el precio del suelo, mayores tiempos de viaje dada la congestión, incremento en los costos de la provisión de bienes públicos como acueducto, equipamientos, transporte y energía⁹. A partir de estos fenómenos, el transporte orientado a lo privado promueve la dependencia del automóvil, fragmenta el espacio urbano e incrementa la segregación social (Medina, 2012).

Hecha la contextualización de la movilidad en los países emergentes se procede a ver qué tan semejante es la situación de Bogotá a las de las otras ciudades.

2.2 Bogotá en el contexto colombiano y su evolución

El fenómeno de motorización en Colombia es el propio de un país en desarrollo, si bien registra menores tasas que países emergentes como México, Chile, Venezuela, Malasia, o Tailandia como se muestra en la Tabla 1.

⁸ El plan maestro de movilidad cita a Towards Sustainable Transport in the CEI Countries; prepared on behalf of the Austrian Federal Ministry for Environment, Youth and Family in co-operation with the Central European Initiative (CEI), the United Nations Environment Programme (UNEP) and the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 1999.

⁹ State of the world's cities, prosperity of Cities (2012/2013), UN HABITAT.

Tabla 1.**Tasas de motorización en países emergentes año 2009**

País	Vehículos/1000 habitantes
Malasia	350
México	276
Brasil	209*
Chile	174
Costa Rica	166
Venezuela	150
Colombia	71
Perú	68

Fuente: Banco Mundial. * Dato para el año 2008

Las proyecciones del parque automotor para Colombia, que se muestran en la Tabla 2, evidencian que la tasa a la que se adquirirán vehículos será mayor a la de crecimiento demográfico. El número de motos para el año 2015 se espera que supere en cantidad al número de carros de seguir la tendencia actual¹⁰.

Tabla 2.**Proyección del parque automotor en Colombia, 2010-2040**

Año	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Población del país (millones)	45,5	48,2	50,9	53,6	56,3	59,0	61,7
Número de carros (millones)	3,0	3,7	4,6	5,9	7,3	8,8	10,4
Número de motos (millones)	2,4	4,0	5,9	7,8	9,4	11,3	12,9

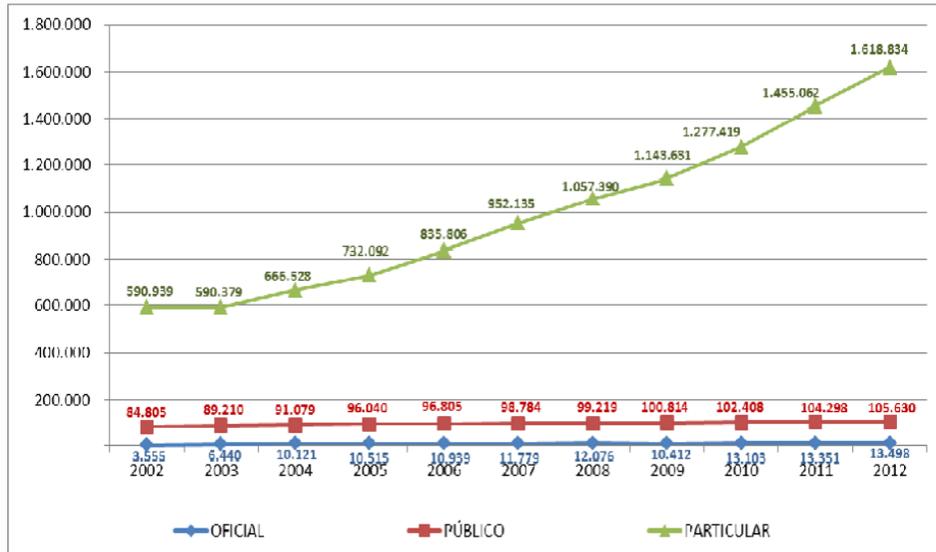
Fuente: Acevedo (2009)

En este contexto es en el que está inscrita Bogotá, en donde las tasas de motorización son mucho mayores a las del país (alrededor de 180 por 1000 habitantes). La ciudad, caracterizada por un desarrollo de baja altura en zonas periféricas y la insuficiencia de infraestructura para el transporte público que aumenta los costos logísticos (Wessel et al., 2012), registra incrementos significativos en el parque automotor. Entre 2002 y 2012 la cantidad de carros particulares casi se triplicó como se ve en la Gráfica 3, mientras que la cantidad de motos se multiplicó por 20¹¹.

¹⁰ Los autores determinaron que cuando se tiene un ingreso personal de 1 millón de pesos es posible adquirir una moto y cuanto se ganan 2 millones un carro. El aumento en los ingresos y una mayor urbanización son los determinantes que respaldarán las tasas de motorización proyectadas.

¹¹ Pasó de 16.397 en 2002 a 328.078 en 2012, ver movilidad en cifras SDM

Gráfica 3.
Parque automotor en Bogotá 2002-2012



Fuente: La movilidad en cifras 2012, SDM

Para 2012, el crecimiento del parque automotor fue de 10,5%, el cual contrasta con el de infraestructura vial que para el mismo año fue de 0,4%¹². Ahora bien, el crecimiento casi exponencial observado en particulares no se observa en el de taxis, ya que la cantidad se ha mantenido casi constante. A 2012 se contaron 49.555 taxis con tarjeta de operación y 2.059 sin tarjeta de operación¹³.

En lo concerniente al parque automotor del transporte público colectivo, se han hecho esfuerzos en la última década por parte de las diferentes entidades para controlar la sobreoferta y las ineficiencias del sistema. Señala Ardila (2007) que en Bogotá las compañías de buses hicieron lobby ante el Ministerio de Transporte a fin de establecer una tarifa que aumentara conforme el número de pasajeros por bus por unidad de tiempo decreciera. Esto lejos de mejorar el servicio, lo empeoró en el sentido que creó el incentivo perverso a la adquisición de más buses que no tenían en cuenta la demanda, a la vez que transfirió los sobrecostos a los usuarios; de este mecanismo también se derivó la denominada *guerra del centavo* al no existir un recaudo centralizado.

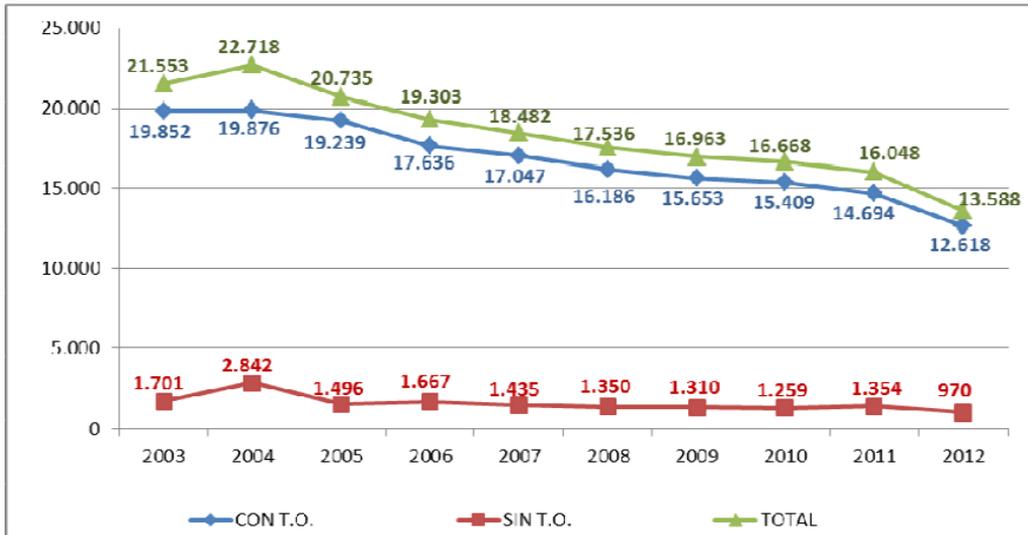
Aunque Transmilenio redujo en parte los efectos distorsivos de los incentivos perversos, el transporte público colectivo en Bogotá aun presenta las características mencionadas, en donde se ofrece un servicio de baja calidad que no contempla la distribución de la demanda; de allí que se observen grandes cantidades de buses vacíos en ciertas rutas y horas, a la vez que otros exceden el número de pasajeros permitidos.

¹² Es necesario subrayar que en todas las ciudades emergentes la provisión de infraestructura (oferta) siempre crece a menores tasas que la motorización (demanda)

¹³En el Decreto 613 de 1993, se estipuló que el parque automotor de taxis se “congelaba” en el Distrito Capital. Movilidad en cifras 2012, SDM

Para contrarrestar la sobreoferta, los procesos de chatarrización de vehículos llevados a cabo por el Fondo para el Mejoramiento de la Calidad del Servicio y los operadores de Transmilenio para del Sistema Integrado de transporte Público SITP han logrado sacar de circulación buses obsoletos como se observa en la Gráfica 4.

Gráfica 4.
Parque automotor del transporte público colectivo en Bogotá 2002-2012



Fuente: La movilidad en cifras 2012, SDM

Como se ve en la gráfica, la mayor cantidad de buses chatarrizados se presentó entre 2011 a 2012, esto en el contexto de la implementación del SITP.

A futuro, siguiendo a Bocarejo (2009), de permanecer las tendencias, se espera que la cantidad de viajes en transporte público, que son la mayoría en el 2010, empiecen a caer en 2020 como consecuencia del incremento de la motorización, a tal punto que en 2040 se hagan más viajes en transporte privado que en el público (8,35 millones contra 7,94 respectivamente).

Gráfico 5.
Proyección de viajes por modos en Bogotá, 2010-2040



Fuente: Bocarejo (2009)

Ante este panorama, se hace necesario no solo observar el estado de la movilidad en la ciudad, sino también en los niveles más desagregados para poder cuantificar que tanto se están moviendo los ciudadanos y los efectos de políticas públicas que se espera contrarresten los efectos del acelerado aumento en la tenencia de autos.

2.3 ¿Cómo medir la movilidad y qué la determina?

La movilidad urbana involucra múltiples factores como lo son la frecuencia del servicio, los tiempos de viaje puerta a puerta, las tarifas del transporte, la comodidad, satisfacción y seguridad (Plan Maestro de Movilidad de Bogotá, 2006).

Como se ha dicho, en las ciudades emergentes contemporáneas, la movilidad de los usuarios se ve favorecida en el corto plazo por la tenencia de un vehículo, a su vez explicada por el ingreso, el bajo costo de uso debido a subsidios a los combustibles, la oferta de parqueaderos, el costo del transporte público, la oferta de malla vial, la geografía o la densidad de población (Sivak y Tsimhoni, 2008; Medina, 2012).

Para medir la movilidad conviene revisar algunas definiciones y mediciones. Lerner (2011) construye un índice de movilidad para ciudades maduras y emergentes, a partir del desempeño y del carácter multimodal del transporte. En su trabajo le asigna pesos discrecionalmente a variables como porcentajes de viajes hechos en transporte público o bicicletas, visión de movilidad futura, uso de tarjetas inteligentes, número de carros per cápita, velocidades promedio de viajes, emisiones de CO2 per cápita, la satisfacción con el sistema y el número de muertes en accidentes por habitante; en este trabajo se le asignó un mayor peso a las emisiones de CO2, la accidentalidad y la satisfacción de los usuarios.

El MCR Europa (2009) desarrolla un índice para ciudades de la movilidad completa, concepto relacionado con la sostenibilidad y la visión de futuro. Se asignaron pesos para las siguientes variables: nivel de organización del modelo, gestión del tráfico, facilidad en el sistema de información, nivel de conectividad aérea/marítima, tiempo de viaje, redes de ciclorutas, costo de transporte, gasto en energía, contaminación, accidentalidad, acceso de discapacitados al sistema y provisión de infraestructura. El índice muestra que las ciudades en donde hay provisión de infraestructura de calidad y un transporte público que prima sobre el privado es en donde hay mejor movilidad, calidad de vida y medio ambiente.

Kaparias, Bell y Tomassini (2011) desarrollan una variedad de indicadores de movilidad en donde la capacidad para moverse está en función de una suma ponderada de los tiempos de viaje al trabajo promedio en transporte público y privado para una matriz origen-destino dada. En la misma línea de trabajo, Fu y Xin (2007) proponen un índice de calidad del servicio de tránsito a partir de modelos computacionales para viajes aleatorios entre matrices origen-destino en donde se calcula la razón entre el tiempo de viaje puerta a puerta en carro sobre el tiempo de viaje puerta a puerta en transporte público. Dicha fracción es el indicador de buen rendimiento del servicio de tránsito.

Sobre la calidad del servicio relacionado con la satisfacción de los usuarios con el sistema de transporte público, Hensher, Stopher y Bullock (2003), con un modelo logit, estiman los cambios en probabilidad de estar más satisfecho con el sistema en función de variables como asientos disponibles, frecuencia, limpieza, tiempo de acceso al bus, duración del viaje y la tarifa.

Un aspecto de la movilidad muy relacionado con la segregación socioeconómica es el de la accesibilidad. Bocarejo et al. (2010) conceptualizan la accesibilidad como la facilidad para alcanzar cualquier zona de actividad usando un sistema de transporte determinado. El concepto se utiliza para evidenciar la existencia de oportunidades económicas y sociales para las personas o grupos de personas (Bocarejo, Gómez y Velásquez, 2012).

La manera en que se mide la accesibilidad está dada por el índice de Hansen, que involucra la atractividad de una zona (número de empleos, camas de hospitales, cupos en instituciones educativas), los costos monetarios del transporte y los tiempos de viaje. Para Bogotá, Bocarejo et al. (2010) encuentran para un grupo de UPZ con matrices origen-destino, que la accesibilidad es buena en los estratos altos dado el ingreso, aunque se puede ver afectada por los tiempos de viaje; en cuanto a los estratos bajos la accesibilidad es más limitada, ya que el costo monetario y los tiempos de viaje la afectan.

A similares conclusiones llegan Bocarejo et al. (2012) al hacer la evaluación de impacto del sistema Metrocable en Medellín, haciendo hincapié en que la accesibilidad mejoraba de manera considerable conforme las comunas se encontraban más cerca al sistema metrocable.

3. METODOLOGÍA

3.1 Variables a usar y estadísticas descriptivas

Para la elaboración del índice de movilidad para las de Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) se tienen considerables restricciones de información, principalmente por la unidad de observación. Por este motivo y siguiendo la literatura, se utilizan 8 variables obtenidas a partir de la información reportada por las encuesta de movilidad y multipropósito 2011¹⁴, a continuación se mencionan dichas variables y las estadísticas descriptivas.

Población_upz: Cantidad de personas que habitan en las UPZ

Autosperson: Número de autos por persona en las UPZ

Motos_person: Número de motos por persona en las UPZ

Bicicletas_person: Número de bicicletas por persona en las UPZ

Viajes público person: Número de viajes en transporte público por persona al día, UPZ¹⁵

Discapacidades: Cantidad de viajes que hace una persona discapacitada al día para UPZ

Tiempo_viaje: Tiempo promedio de todo el día por viaje en un medio motorizado para UPZ

Ingreso_upz: Ingreso per cápita por UPZ¹⁶.

En la Tabla 3 se muestran los estadísticos descriptivos para las 8 variables que conforman el índice¹⁷. La población promedio de una UPZ en Bogotá es de 63.131 y la mayoría de UPZ tiene una población entre 12.132 y 114.131 personas.

¹⁴ Las UPZ analizadas son 109, se eliminaron del análisis la UPZ 60 del Parque Entre Nubes de la localidad de USME, UPZ 63 y la UPZ 117 Aeropuerto debido a sus características especiales.

¹⁵ La inclusión de la variable en viajes públicos puede condicionar los resultados porque mide en efecto la movilidad y no es un determinante de ésta; la razón por la que se incorpora es que representa al transporte público dada la restricción de datos.

¹⁶ Tanto la variable discapacidades como tiempo viaje se reportan en la encuesta de movilidad 2011 a nivel de estratos, mientras que la variable de ingreso está en la encuesta multipropósito de 2011. Por este motivo, para obtener los datos a nivel de UPZ se hizo un promedio ponderado relacionando la población correspondiente a los diferentes estratos en la UPZ y los valores de las variables para los estratos en Bogotá. Las proxys resultantes para UPZ muestran en líneas generales las tendencias que se observan para los estratos.

¹⁷ En la variable de tasa de motorización de motos por persona se registran 3 datos faltantes. Para el análisis de componentes principales se remplazaron esos valores por la media.

Para la muestra utilizada la cantidad de autos por persona promedio en Bogotá es de 0,182 y la cantidad de motos es de 0,034, es decir, que por cada 1000 habitantes hay 34 motos.

El número de viajes públicos por persona al día es de 0,68, el tiempo promedio de viaje es de aproximadamente una hora (59,06 minutos) y el ingreso per cápita promedio para la muestra es de 1.276.445 de pesos.

Tabla 3.
Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica ^a	N del análisis ^a	N perdida
poblacion_upz	63131,89048	50999,65756	109	0
autos_person	,1829805555	,1784456563	109	0
motos_person	,0343010714	,0233037872	109	3
bicicletas_person	,1109826019	,0445062909	109	0
discapacidades	1,331792486	,1911439248	109	0
viajespublicoperson	,6805710301	,1552467777	109	0
Tiempo_viaje	59,06222753	8,249461627	109	0
ingreso_upz	1276445,587	1049762,995	109	0

a. Para cada variable, los valores perdidos se sustituyen por la media de la variable.

La Tabla 4 muestra la matriz de correlaciones. En ella se observa una correlación negativa entre la población y la tasa de autos por persona, corroborando que son las UPZ con bajas densidades en donde hay mayor cantidad de autos por persona; dicha tasa de motorización de autos se correlaciona negativamente con mayores tiempos de viaje, los viajes en transporte público y la cantidad de motos, como es de esperarse.

El número de viajes que hacen las personas con discapacidad está correlacionado positivamente con los autos por persona y el ingreso, no así con los otros medios de transporte. Los viajes en transporte público están correlacionados positivamente con mayores tiempos de viaje y negativamente con el ingreso.

El determinante que se observa en la parte baja de la tabla equivalente a 0.005 es cercano a cero, por lo que sugiere relaciones lineales entre las variables (condición deseada para el análisis factorial).

Tabla 4.
Matriz de correlaciones

	poblacion_upz	autos_person	motos_persona	bicicletas_persona	discapacidades	viajespublico_persona	Tiempo_viaje	ingreso_upz
Correlación	1,000	-,329	-,032	,116	-,348	,193	,302	-,351
poblacion_upz		1,000	-,225	,153	,706	-,634	-,831	,913
autos_persona	-,329		1,000	-,182	-,311	,093	,255	-,268
motos_persona	-,032	-,225		1,000	,036	-,081	-,324	,189
bicicletas_persona	,116	,153	-,182		1,000	-,443	-,621	,746
discapacidades	-,348	,706	-,311	,036		1,000	,474	-,612
viajespublico_persona	,193	-,634	,093	-,081	-,443		1,000	-,893
Tiempo_viaje	,302	-,831	,255	-,324	-,621	,474		1,000
ingreso_upz	-,351	,913	-,268	,189	,746	-,612	-,893	

a. Determinante = ,005

3.2. Metodología para la construcción del índice de movilidad

La metodología utilizada para la construcción del índice está inscrita en el análisis de componentes principales (ACP) y se sigue a Crocco, Galinari, Santos, Borges y Simoes (2003) y Amezcuita y Palencia (2013).

El objetivo de componentes principales es explicar la varianza de los datos observados a través de combinaciones lineales. Adicionalmente, es útil para hacer una reducción de variables en componentes que agrupan dichos datos. El componente se puede expresar como combinación lineal de las variables reducidas¹⁸, expresada de la siguiente forma:

$$Z_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \dots \dots a_{1k}x_k$$

Donde Z_1 representa al componente principal que agrupa las variables x_1, x_2 hasta la k -ésima variable. El a_k es el peso o ponderación de cada variable sobre el componente Z . Para la construcción del índice se especificó que el análisis de componentes principales analizará los componentes con valores propios mayores a 1 y que la rotación de los componentes ortogonalizará los resultados (esto es asegurar que no exista correlación entre factores si es que hay más de uno).

Luego de comprobar la factibilidad del análisis factorial y encontrar que 2 componentes principales explican gran parte de la varianza (ANEXO A) se procede a determinar un solo vector de ponderaciones o pesos que tiene cada variable sobre Z .

Con los valores α para las variables resultantes de los 2 componentes rotados, se procede a darles el peso correspondiente. Para las 8 variables se debe aplicar en primera instancia la siguiente fórmula:

$$\alpha_i^* = \frac{|\alpha_i|}{C_i}$$

¹⁸ Véase el Handbook on Constructing Composite Indicators de la OECD (2008).

Donde α_i^* es la peso que tiene cada α_i sobre su componente al ponderarse por la suma de todos los α_i denotada por C_i . La fórmula debe aplicarse para cada uno de los α resultantes, por lo que se obtiene una matriz de 8 X 2.

Posteriormente se procede a multiplicar la matriz de 8 X 2 por el vector de 2 X 1 de valores propios; se sigue el principio de que la traza de la matriz $\text{tr}(\Sigma_i)$ medirá la variación total de los componentes principales y ésta se define en este caso como $\text{tr}(\Sigma_i) = \lambda_{i1} + \lambda_{i2}$, siendo λ_{i1} y λ_{i2} los dos valores propios que explican la mayoría de la varianza. La multiplicación se aprecia de la siguiente manera:

$$\theta_i = \alpha_{1i}^* \lambda_{i1} + \alpha_{2i}^* \lambda_{i2}$$

θ_i es el resultante de la multiplicación de los α_i^* por los valores propios. De esta multiplicación de la matriz de 8 X 2 con el vector 2 X 1 se obtiene un vector de 8 X 1, es decir, 8 valores de θ . Finalmente, para obtener los pesos finales para la construcción del índice, se pondera cada valor de θ por la sumatoria de θ_i .

Posterior a la aplicación de la metodología expuesta, se define la movilidad en función de las variables con sus respectivos pesos:

$$\text{Movilidad}_i = 0.158 \text{ingreso}_i + 0.152 \text{autos}_i + 0.156 \text{tiempo}_i + 0.106 \text{publico}_i + 0.127 \text{discapacidad}_i + 0.089 \text{motos}_i + 0.085 \text{bicicletas}_i + 0.125 \text{pob}_i$$

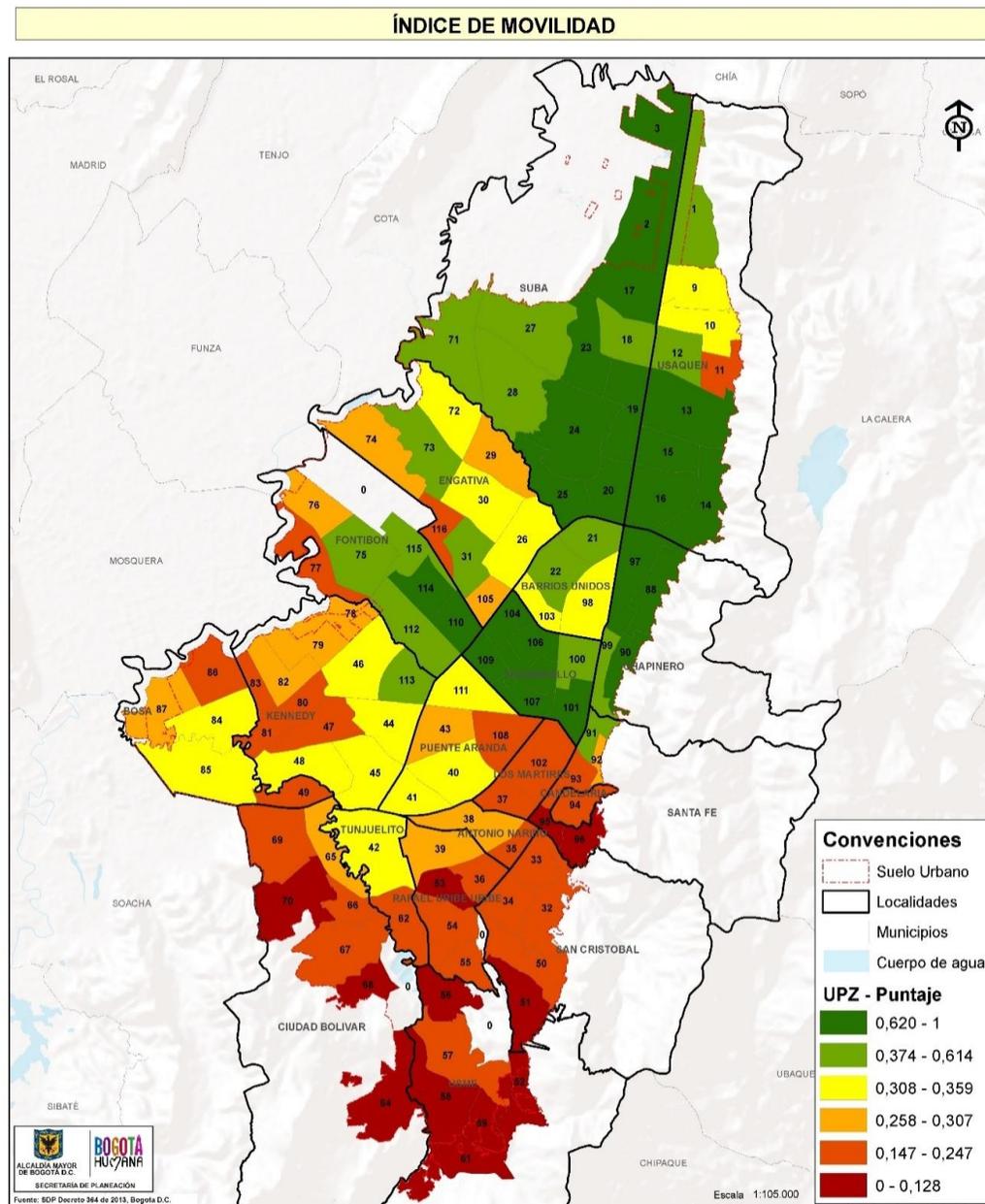
Donde i representa las UPZ, autos a la tasa de éstos por persona, seguido por el tiempo de viaje, los viajes en transporte público, la cantidad de viajes hechos por personas con discapacidad, las motos y bicicletas por persona, y la población. La ponderación más alta sobre el componente de movilidad es la de ingreso, seguida por tiempos de viaje y cantidad de autos por persona. Sobre los tiempos de viaje que es la variable que captura la congestión, se entiende que restará al índice conforme los tiempos sean mayores.

4. RESULTADOS

La interpretación de los resultados se basa en el escalafón resultante y la discusión sobre como diversas políticas modificarían a priori el ranking y la distribución de las UPZ.

El índice de movilidad para Bogotá es el siguiente:

Mapa 1.
La movilidad en Bogotá



En el Mapa 1 se observa el índice de movilidad para cada UPZ. Se estipula que tienen mejor movilidad las UPZ con valores más cercanos a 1 (color verde) y las peores cuando

el valor es cercano a 0¹⁹ (color rojo). En términos generales se aprecia que las UPZ con mejor movilidad se ubican en las localidades de Teusaquillo Fontibón, Suba, Usaquén y Chapinero, favorecidas por la capacidad de pago que a su vez está asociada a las altas tasas de motorización. Los mejores niveles de movilidad encontrados en el nororiente coinciden con las zonas de mayor concentración del trabajo en la ciudad y accesibilidad (Bocarejo et al., 2010). Las UPZ que tienen niveles medios de movilidad se encuentran en Engativá, Barrios Unidos, Puente Aranda, Kennedy y Tunjuelito. Por último, las UPZ con niveles de movilidad más bajo, se encuentran en Antonio Nariño, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Ciudad Bolívar y Usme. El ranking de las UPZ completo se encuentra en el ANEXO B.

El índice tiene seis rangos definidos como:

- 1) Movilidad muy alta
- 2) Movilidad alta
- 3) Movilidad medio alta
- 4) Movilidad medio baja
- 5) Movilidad baja
- 6) Movilidad muy baja

La Tabla 5 muestra 22 UPZ con movilidad muy alta, 8 de ellas pertenecientes a la localidad de Suba, 5 en Teusaquillo, 4 en Usaquén, 3 en Chapinero y 2 en Fontibón.

Tabla 5.

Bogotá. UPZ con movilidad muy alta

Upz número	Localidad	UPZ	Puntaje
1	Suba	Guaymaral	1
2	Usaquén	Santa Barbara	0,95685134
3	Chapinero	El Refugio	0,84338665
4	Chapinero	Chicó Lago	0,8335863
5	Suba	La Alhambra	0,8281006
6	Usaquén	Los Cedros	0,79298352
7	Usaquén	Country Club	0,77279132
8	Suba	La Floresta	0,75567245
9	Suba	La Academia	0,74208691
10	Fontibón	Modelia	0,72052169
11	Teusaquillo	La Esmeralda	0,70918375
12	Suba	Niza	0,7009169
13	Teusaquillo	Teusaquillo	0,69624089
14	Suba	El Prado	0,67922466
15	Teusaquillo	Ciudad Salitre Oriental	0,66866786
16	Usaquén	Usaquen	0,66697281
17	Fontibón	Ciudad Salitre Occidental	0,66584943
18	Teusaquillo	Parque Simón Bolívar - Can	0,66521506
19	Suba	Casa Blanca	0,65990589
20	Teusaquillo	Quinta Paredes	0,6545648
21	Suba	San Jose de Bavaria	0,6207332
22	Chapinero	Pardo Rubio	0,62049687

¹⁹ El índice permite hacer comparaciones al interior de la ciudad, pero los valores obtenidos no son comparables a valores de índices internacionales basados en diferentes construcciones. El puntaje es de carácter adimensional.

Estas UPZ se caracterizan principalmente por tener mayor capacidad adquisitiva, tasas de motorización altas (especialmente de autos), tiempos de viaje menores respecto a la media y números de viaje en transporte público por debajo del promedio.

Guaymaral es la UPZ que ocupa el primer puesto en movilidad, caracterizada por un alto ingreso, la más alta tasa de motorización de autos por persona de 1,18 y tiempos de viaje cortos a pesar de la gran distancia que la separa del centro de la ciudad (solo 40,2 minutos). Santa Bárbara ocupa la segunda posición en el índice y es la primera de Usaquén. El ingreso per cápita calculado es de \$4.584.235, correlacionado positivamente con una tasa de motorización de autos alta (0,63 frente al promedio de 0,18), un tiempo de viaje de 41,1 minutos y un bajo número de viajes en transporte público (0,28 frente al promedio de 0.68). Las UPZ El Refugio, Modelia y la Esmeralda también sobresalen por tener una movilidad muy alta y ser las primeras en sus respectivas localidades; por último, se resalta que en la UPZ Parque Simón Bolívar-Can es donde las personas con discapacidad más viajan (1,79 viajes).

En la Tabla 6 se muestran las UPZ con movilidad alta. Hay 17 UPZ, 4 en Suba, 3 en Fontibón, 2 en Usaquén, Barrios Unidos, Kennedy y Engativá; las restantes son Chapinero y el Sagrado Corazón en Santa Fe.

Tabla 6.
Bogotá. UPZ con Movilidad alta

Upz número	Localidad	UPZ	Puntaje
23	Fontibón	Granjas de Techo	0,61411669
24	Teusaquillo	Galerías	0,5915391
25	Usaquén	Toberín	0,58611253
26	Barrios Unidos	Doce de Octubre	0,56970621
27	Barrios Unidos	Los Andes	0,55813487
28	Fontibón	Capellanía	0,55094195
29	Kennedy	Bavaria	0,51697213
30	Chapinero	Chapinero	0,47566856
31	Suba	El Rincon	0,46897194
32	Engativá	Santa Cecilia	0,44980008
33	Santa Fe	Sagrado Corazón	0,43834079
34	Suba	Britalia	0,43447834
35	Suba	Suba	0,41741634
36	Engativá	Garces Navas	0,40571872
37	Usaquén	Paseo de los Libertadores	0,40420537
38	Suba	Tibabuyes	0,38507331
39	Fontibón	Fontibón	0,3742118

Las UPZ con movilidad alta tienen ingresos más bajos que las UPZ anteriores, un mayor uso del transporte público y entre ellas presentan más heterogeneidad en lo concerniente a sus características. En la UPZs Las Granjas de Techo, Galerías, Toberín, Capellanía, Los Andes y Doce de Octubre, la tasa de motorización de autos por persona está por encima de la media, mientras que las demás están por debajo con excepción de Britalia en Suba.

En la Tabla 7 se encuentran las UPZ con movilidad medio alta. Se encuentra que 3 UPZ están en Bosa y Engativá; 2 en Kennedy, Puente Aranda, Barrios Unidos; una en Chapinero, Tunjuelito, Usaquén, Santa Fe y Ciudad Bolívar.

Tabla 7.
Bogotá. UPZ con Movilidad medio alta

Upz número	Localidad	UPZ	Puntaje
40	Bosa	Bosa Central	0,35904912
41	Barrios Unidos	Los Alcázares	0,35684595
42	Engativá	Las Ferias	0,35361891
43	Puente Aranda	Zona Industrial y Puente Aranda	0,35246479
44	Bosa	Bosa Occidental	0,34740045
45	Usaquén	Verbenal	0,34477261
46	Kennedy	Timiza	0,34326827
47	Engativá	Boyaca Real	0,33939689
48	Puente Aranda	Muzu	0,33729795
49	Tunjuelito	Venecia	0,32490116
50	Kennedy	Carvajal	0,31971439
51	Kennedy	Castilla	0,31778412
52	Puente Aranda	Ciudad Montes	0,31684099
53	Barrios Unidos	Parque Salitre	0,31578044
54	Kennedy	Américas	0,31516011
55	Usaquén	La Uribe	0,30935731
56	Engativá	Bolivia	0,30815604

En estas UPZ el ingreso es mucho menor que en las anteriores vistas, salvo Los Alcázares, Américas y Álamos, en las cuales, al tener mayor capacidad de pago, la tasa de motorización de autos está por encima del promedio. Por el contrario, en las otras UPZ los viajes en transporte público son los que priman, secundados por la utilización de las bicicletas como se evidencia en Bosa Central y Occidental.

En el rango de movilidad denominado como medio baja se ubican con 3 UPZ las localidades de Engativá y Kennedy, mientras que Puente Aranda, Rafael Uribe Uribe, Santa Fe, Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Fontibón, Antonio Nariño y Bosa aparecen representadas con una UPZ (ver Tabla 8).

Tabla 8.
Movilidad medio baja

Upz número	Localidad	UPZ	Puntaje
57	Engativá	Engativá	0,307222876
58	Antonio Nariño	Restrepo	0,298992722
59	Santa Fe	La Macarena	0,297848911
60	Kennedy	Patio Bonito	0,297016935
61	Rafael Uribe Uribe	Quiroga	0,286701335
62	Kennedy	Tintal Norte	0,286025842
63	Puente Aranda	San Rafael	0,281202666
64	Ciudad Bolívar	Arborizadora	0,276162841
65	Fontibón	Fontibón San Pablo	0,272820147
66	Engativá	Minuto de Dios	0,265593082
67	Bosa	Tintal Sur	0,260023233
68	Engativá	Jardín Botánico	0,259190108
69	Kennedy	Calandaima	0,25852176

En este rango el transporte público es el modo de mayor uso, como se ve en las UPZ Calandaima, Arborizadora, El Restrepo y Tintal (en esta UPZ se hacen 1,039 viajes al día por persona siendo la mayor en la ciudad). La tasas de motorización en motos en este rango tienen importancia, esta condición se da en Calandaima y el Jardín Botánico que cuenta con la mayor cantidad de motos por persona en la ciudad (0,19). Solo en la Macarena se observan tasas de motorización de autos con valores que se encuentran levemente por encima de la media. Un caso particular es el de Patio Bonito, UPZ ubicada en la localidad de Kennedy. Allí se tiene una tasa de autos por persona de 0,03, la cual es baja si se le compara con la media de la ciudad de 0,18, dato consecuente con un bajo nivel de ingreso (\$485.773). Lo que se aprecia en Patio Bonito es que la cantidad de bicicletas por persona (0,19) es muy alta respecto a las media distrital (0,11) haciendo que la UPZ tenga un mayor puntaje en el ranking.

En la Tabla 9 se muestran las UPZ con movilidad baja. Este rango es el que mayor cantidad de UPZ contiene (27). La localidades de San Cristóbal y Kennedy están representadas con 4 UPZ; Rafael Uribe Uribe y Ciudad Bolívar, con 3; Bosa y Los Mártires, con 2; y con una UPZ, Usaquén, Fontibón, Engativá, Tunjuelito, Antonio Nariño, Santa Fe, La Candelaria y Puente Aranda.

Los ingresos en estas UPZ se encuentran muy por debajo del promedio, lo que conlleva a tasas de motorización de autos bajas, así como menor cantidad de viajes que hacen las personas discapacitadas. Salvo en UPZ del occidente, como Bosa y Corabastos, en donde el uso de las bicicletas es significativo, el transporte público prima sobre los otros modos de transporte.

Finalmente, las UPZ con movilidad muy baja se presentan en la Tabla 10. Los niveles más bajos de movilidad se encuentran principalmente en las localidades de Usme, Ciudad

Bolívar, San Cristóbal, Santa Fe, Rafael Uribe Uribe y de manera excepcional Chapinero (San Isidro Patios).

Las tasas de motorización tanto en autos como en motos son bajas, mientras que los tiempos de viaje son altos. El transporte público se convierte en el modo de transporte más usado por lo que la política pública se hace necesaria al tener en cuenta que el costo de transportarse para los más pobres es de alrededor del 20% de los ingresos (Bocarejo et al., 2010), afectando de manera significativa la economía de los habitantes de estas UPZ.

Tabla 9.
Movilidad baja

Upz número	Localidad	UPZ	Puntaje
70	Santa Fe	Las Nieves	0,24730506
71	Ciudad Bolívar	San Francisco	0,247086464
72	Rafael Uribe Uribe	San Jose	0,242654126
73	Engativá	Álamos	0,236022607
74	Antonio Nariño	Ciudad Jardín	0,234009588
75	Rafael Uribe Uribe	Diana Turbay	0,230672228
76	Kennedy	Las Margaritas	0,229667703
77	San Cristóbal	San Blas	0,224324161
78	San Cristóbal	La Gloria	0,219741051
79	Usaquén	San Cristobal Norte	0,217193615
80	Fontibón	Zona Franca	0,216820887
81	Bosa	Apogeo	0,214760119
82	San Cristóbal	Sosiego	0,213452732
83	Puente Aranda	Zona Industrial y Puente Aranda	0,21105817
84	Kennedy	Kennedy Central	0,20453264
85	Tunjuelito	Tunjuelito	0,198950234
86	Los Mártires	La Sabana	0,198474119
87	Los Mártires	Santa Isabel	0,197779117
88	Rafael Uribe Uribe	Marruecos	0,184326546
89	Kennedy	Gran Britalia	0,177122562
90	San Cristóbal	Veinte de Julio	0,172003318
91	La Candelaria	Candelaria	0,171099612
92	Ciudad Bolívar	Ismael Perdomo	0,167615644
93	Ciudad Bolívar	Lucero	0,165292178
94	Usme	Gran Yomasa	0,162970433
95	Kennedy	Corabastos	0,1511391
96	Bosa	El Porvenir	0,147437637

Tabla 10.
Movilidad muy baja

Upz número	Localidad	UPZ	Puntaje
97	San Cristóbal	Los Libertadores	0,12866249
98	Santa Fe	Las Cruces	0,110569207
99	Rafael Uribe Uribe	Marco Fidel Suárez	0,110410731
100	Chapinero	San Isidro Patios	0,108880888
101	Ciudad Bolívar	Jerusalen	0,101430891
102	Santa Fe	Lourdes	0,091850564
103	Usme	Comuneros	0,058034503
104	Usme	Alfonso López	0,051544632
105	Usme	Ciudad de Usme	0,050485199
106	Usme	Danubio	0,044337788
107	Ciudad Bolívar	El Tesoro	0,03674789
108	Usme	La Flora	0,02402763
109	Ciudad Bolívar	Monteblanco	0

4.1. Políticas públicas de movilidad y efectos esperados sobre el índice

El índice de movilidad muestra que es la tasa de motorización y el ingreso lo que brinda mayores posibilidades de trasladarse en la ciudad. En el corto plazo, la adquisición de autos se convierte en una solución para los propietarios e incluso beneficia a otros agentes y sectores como la industria, importadores y servicios de reparaciones (Plan Maestro de Movilidad 2006); sin embargo, se pone en riesgo la sostenibilidad a largo plazo y por ende la misma movilidad.

La medida más conocida para desincentivar el uso de los automóviles en Bogotá (*Pico y Placa*), aunque bien intencionada, no tiene un carácter estructural, puesto que no regula la demanda de largo plazo, de hecho pareciera incentivarla²⁰. Al respecto Gallego, Montero y Salas (2012), al hacer la evaluación de impacto de una política aplicada en México DF similar al *pico y placa* llamada *Hoy no circula* (HNC), tomando las muestras de monóxido de carbono (CO) como proxy de uso del vehículo, encontraron que la política fue efectiva en el corto plazo, ya que redujo la concentración de CO en 13% en hora pico de la mañana y 9% en valle; no obstante, en el largo plazo se observó un incremento de 11% de CO en las horas pico de la mañana y 9% en las valle.

Resalta Lerner (2011) que en las ciudades emergentes se debe consolidar un núcleo de movilidad sostenible compuesto por medidas que sean capaces de gestionar la demanda. Un compendio de políticas públicas (algunas de ellas ya contempladas por el Plan de

20 Ver a Behrentz, E. (2012) El pico y placa no es la solución. www.eltiempo.com
Pico y Placa: ¿Cómo acabar los trancones en Bogotá? (2011) www.semana.com

Desarrollo de la administración 2012-2015) pueden modificar el estado de la movilidad de manera estructural y hacerla sostenible. A continuación se hace una discusión de dichas políticas públicas y como éstas afectarían el índice.

Primera línea de metro pesado: La línea de metro pesado con una longitud de 29,05 km y que parte del portal de las Américas en el occidente y llega a la calle 127 con carrera novena en el nororiente de la ciudad, contará con 28 estaciones a lo largo del recorrido. La integración del occidente de la ciudad, en donde se concentra una parte significativa de la población, con el corredor de mayor demanda pasajeros hora²¹ (alrededor de 80.000) debe, en el largo plazo, mejorar la movilidad de las UPZ en el occidente que se encuentra en bajo nivel, a la vez que puede incrementar la productividad y aminorar las altas tasas de motorización vistas en el oriente, haciendo más homogénea a la ciudad.

Líneas de Cable Aéreo: La construcción de cables aéreos, como ya se mencionó, puede ser muy beneficiosa para la accesibilidad en movilidad, que se verá traducida en mayores oportunidades de empleo para los habitantes. Las UPZ en donde serán construidos los cables son precisamente en donde el índice muestra que la movilidad es más baja. La construcción del cable en San Cristóbal y la integración con el sistema Transmilenio, a partir del Portal 20 de Julio, sumado al cable de Ciudad Bolívar, debe mejorar ostensiblemente las posiciones de las UPZ en el escalafón o al menos reducir las pronunciadas diferencias respecto a la ciudad.

Construcción de Transmilenio por la Avenida Boyacá: La línea de Transmilenio proyectada será la más larga de la ciudad con 35 kilómetros de longitud y contará con 40 estaciones. Al partir desde Yomasa en Usme y terminar en la calle 170 con Autopista Norte, se espera que mejore la movilidad de las UPZ ubicadas en el Sur y el occidente al reducirse los tiempos de viaje y de manera indirecta mejorar la productividad en la ciudad. A futuro una línea de Transmilenio por la Avenida 68 reforzará la mejoría en movilidad de Transmilenio.

Implementación del SITP: La implementación definitiva del SITP mejorará sustancialmente los problemas característicos del transporte público colectivo de Bogotá. La mejoría en la prestación del servicio puede reducir los tiempos de viaje en la ciudad, suplir los corredores de baja demanda (menos de 15.000 pasajeros hora sentido) y hasta cierto punto aminorar la adquisición de autos y motos. El otorgamiento de subsidios debe ser considerado dentro del esquema del SITP.

²¹ El Transmilenio por la Caracas mueve actualmente 48.000 pasajeros hora, número bastante alto si se piensa que los corredores de demanda media asociados a los BRT o trenes ligeros no deben sobrepasar los 40.000 pasajeros hora, Wesser et al (2012).

Mejoramiento del subsistema vial de ciudad: Según el inventario 2012 del IDU, el 44,3% del subsistema vial de la ciudad está en malas condiciones y el 20% en regulares. Las mejorías progresivas de estos porcentajes deben bajar los tiempos de viaje, mejorando así la movilidad a lo largo de la ciudad.

Optimización de rutas y promoción de bicicletas: La adecuación de 145 kilómetros de ciclorrutas en vías ya existentes, incentivarán el uso de las bicicletas y mejorará la movilidad en las UPZ donde sus habitantes sean usuarios de este modo de transporte.

La gestión de la demanda de transporte (GDT) y del tráfico: La gestión del tráfico implica resolver los problemas inmediatos utilizando lo existente. Con la implementación de controles sociales y cultura ciudadana se pueden solventar parte de los problemas de movilidad en la ciudad. El respeto por los paraderos, lugares de parqueo y señales del semáforo son fundamentales. En cuanto a la gestión de la demanda, ésta se basa en proveer sistemas de información y monitoreo desde el nivel institucional, que puede ir respaldado por promoción de herramientas para teléfonos móviles que permita a los propios usuarios retroalimentar la información para hacer más eficiente el sistema.

Adicionalmente, el esquema de cobros por congestión -ya implementado en ciudades europeas-, y la implementación de semáforos actuados y peajes urbanos en las vías por concesionar, pueden mejorar el flujo de tráfico, reducir los accidentes y las emisiones de CO₂, a la vez que se generan ingresos para la ciudad. En cuanto a la demanda, el cobro puede reducirla en un 15% (Wesser et al., 2012).

5. CONCLUSIONES

El problema de la movilidad urbana en las ciudades emergentes se relaciona con el ascenso de clases medias que cada día adquieren más carros, poniendo en riesgo la sostenibilidad en el largo plazo. En Bogotá para el año 2040, los viajes en autos privados superarán en cantidad a los hechos en transporte público de no cambiar la tendencia.

Actualmente, la tenencia de vehículos motorizados está vinculada a menores tiempos de viaje y mayores posibilidades de movilización, mientras que las personas que viajan en transporte público lo hacen en menor medida y tardan más en llegar a sus destinos. Al analizar el estado de la movilidad en Bogotá, se evidencia que en el occidente y sur de la ciudad, principalmente, existen serios problemas de movilidad que pueden reproducir la segregación socioeconómica e inequidades.

Para la situación planteada, no existe una medida única que pueda resolver los múltiples problemas, por lo que se deben implementar las políticas públicas que siguen el diseño orientado al transporte sostenible (DOTS), encaminadas al aumento de la oferta de infraestructura y gestión del tráfico y la demanda; de esa manera se mejorará la movilidad en toda la ciudad, se incentivará la mezcla de usos y la densificación urbana en torno a los ejes estructuradores de transporte (SITP, Transmilenio y Red férrea); a partir de lo mencionado, se espera aminorar las diferencias socioeconómicas en la ciudad.

Además de las políticas mencionadas, en el nivel nacional es oportuno que no se reduzcan los costos de uso de los vehículos vía subsidios a los combustibles, puesto que este tipo de medidas además de ser regresivas, incentivan la motorización.

Finalmente, se recomienda que para una futura medición del índice, se calibre el modelo con la inclusión de variables como accidentalidad, densidad de carreteras y contaminación, de ser posible.

6. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, J., Alfredo, G., Carlos, J., Pablo, J., Ingeniero civil Rodríguez Valencia, & German, C. (2009). *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia: Una visión al 2040*.

Ardila, A. (2007). How public transportation's past is haunting its future in Bogota, Colombia. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2038(1), 9-15.

Amézquita, L., Palencia, A. (2013). *Distritos productivos locales potenciales en Bogotá*. Mimeo.

Bocarejo, J. P. (2009). La movilidad bogotana en el largo plazo y las políticas que garanticen su sostenibilidad. *Revista de Ingeniería*, (29), 75-81.

Bocarejo, J., & Oviedo, D. (2010). Transport Accessibility and Social Exclusion: A Better Way to Evaluate Public Transport Investment? *Disponible en [http://www. ucl. ac. uk/dpu/metrocables/dissemination/Bocarejo_y_ Oviedo. pdf](http://www.ucl.ac.uk/dpu/metrocables/dissemination/Bocarejo_y_Oviedo.pdf)*

Crocchio, M., Galinari, R., Santos, F., Lemos, M. B., & Simões, R. (2003). *Metodologia de identificação de arranjos produtivos locais potenciais: uma nota técnica [Methodology for the identification of potential local productive networks: a technical note]* (No. td191). Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais.

De la Fuente, S. (2001). *Análisis de Componentes principales*. Universidad autónoma de Madrid.

Fu, L., & Xin, Y. (2007). A new performance index for evaluating transit quality of service. *Journal of Public Transportation*, 10(3).

Gallego, F., Montero, J. P., & Salas, C. (2011). The effect of transport policies on car use: Theory and evidence from Latin American cities. *Documento de Trabajo IE-PUC*, 407.

Gómez, C. A., Torres, J. M. V., & Suescún, J. P. B. Impacto del sistema de cable aéreo (Metrocable) sobre la accesibilidad en la comuna# 1 de Medellín.

Hensher, D. A., Stopher, P., & Bullock, P. (2003). Service quality –developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(6), 499-517.

Kaparias, I., Bell, M. G. H., & Tomassini, M. (2011). Key Performance Indicators for traffic management and Intelligent Transport Systems. *ISIS*, 14, 06.

Lerner, W. (2011). *The Future of Urban Mobility, toward networked, multimodal cities of 2050*. Arthur D. Little.

Medina, S. (2012). La importancia de reducción del uso del automóvil en México, tendencias de motorización, del uso del automóvil y de sus impactos. ITDP.

MRC Europe. (2009). Sustainable Urban Infrastructure, Vienna Edition – Role Model for Complete Mobility. Siemens AG

Plan maestro de movilidad 2006. www.movilidadbogota.gov.co.

Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide* (No. 2005/3). OECD publishing.

Secretaría Distrital de Movilidad. (2012). La movilidad en cifras. www.movilidadbogota.gov.co

Sivak, M., & Tsimhoni, O. (2008). Future demand for new cars in developing countries: Going beyond GDP and population size.

State of the world's cities, prosperity of Cities (2012/2013), UN HABITAT.

Wessel, G., Bocarejo, J., Pardo, C. (2012) Hacia una metrópolis de clase mundial orientada al transporte público.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de número de componentes principales y factibilidad

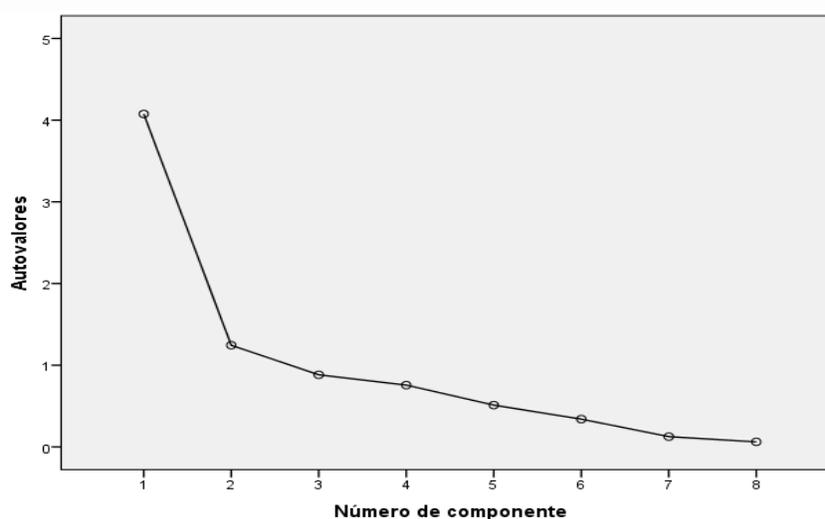
Tabla 11.
KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,825
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	546,313
	gl	28
	Sig.	,000

La media de adecuación muestral KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) contrasta que las correlaciones parciales entre las variables sean suficientemente pequeñas (De la Fuente, 2001). El valor obtenido de 0,825 avala la metodología de análisis factorial²².

La prueba de esfericidad de Bartlett -cuya hipótesis nula es que no hay correlaciones estadísticamente significativas-, muestra un p valor de 0,000 rechazando la hipótesis nula. De esta manera se confirma que el análisis de componentes principales es oportuno para hacer la reducción de dimensiones para la muestra dada, ya que al menos una correlación es significativa.

Gráfico 6.
Gráfico de sedimentación



²²Siguiendo a De la Fuente, los valores de Kaiser-Meyer-Olkin menores a 0,5 indican que el análisis factorial no es aconsejable. De lo contrario, valores superiores a 0,5, de manera complementaria al test de Bartlett, sugieren que el análisis de componentes principales es óptimo para hacer una reducción de dimensiones, ergo la construcción de un índice.

De acuerdo al gráfico de sedimentación, hay 2 autovalores que están por encima de 1, de esto se concluye que 2 componentes principales deben explicar la mayor parte de la varianza, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12.
Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
	1	4,076	50,948	50,948	4,076	50,948	50,948	3,974	49,675
2	1,245	15,557	66,504	1,245	15,557	66,504	1,346	16,830	66,504
3	,883	11,039	77,544						
4	,757	9,458	87,002						
5	,512	6,400	93,402						
6	,340	4,251	97,652						
7	,126	1,575	99,227						
8	,062	,773	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

En la tabla de varianza total explicada se observa que los dos componentes principales utilizados explican gran parte de la varianza de los datos (66,504).

El modelo explica en mayor medida la varianza de algunas variables como se observa en la siguiente Tabla 13.

Tabla 13.
Comunalidades

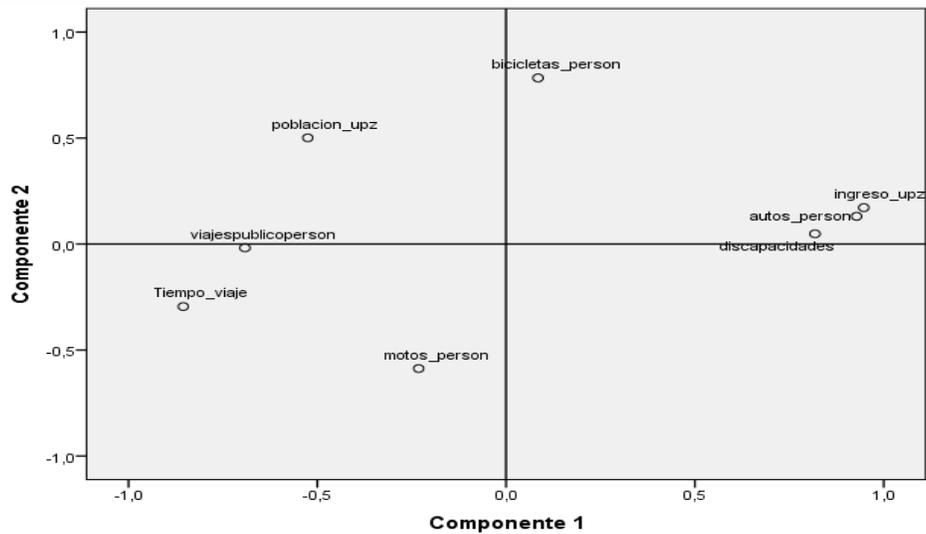
	Inicial	Extracción
poblacion_upz	1,000	,527
autos_person	1,000	,879
motos_person	1,000	,399
bicicletas_person	1,000	,621
discapacidades	1,000	,671
viajespublicoperson	1,000	,479
Tiempo_viaje	1,000	,818
ingreso_upz	1,000	,927

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

La tabla de comunalidades representa el porcentaje de varianza contada por el análisis de componentes principales. En el caso del ingreso es de 0,927, para los autos por persona es de 0,879 y para el tiempo de viaje 0,818. Estos altos porcentajes muestran que para estas variables el gran porcentaje de varianza es explicado por el modelo de dos componentes extraídos.

Por último el gráfico 7, muestra los componentes rotados.

Gráfico 7.
Componentes en espacio rotado



Aquí se aprecia cómo se contraponen las variables a partir de los valores encontrados para los dos factores resultantes del análisis de componentes. Se ve que la tasa de autos por persona se relaciona con el ingreso y mayores cantidades de viajes hechos por las personas con discapacidad; se confirma que dichas variables se correlacionan negativamente con los viajes hechos en transporte público, mayores tiempos de viaje y la cantidad de población. El número de bicicletas por persona también se contrapone al número de motos.

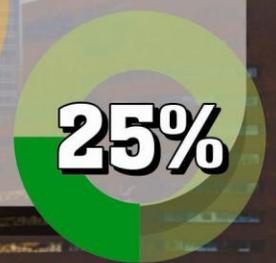
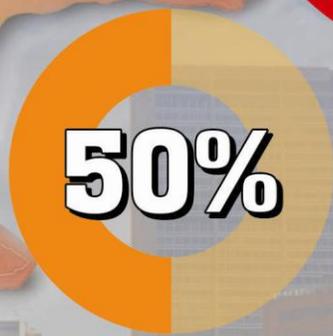
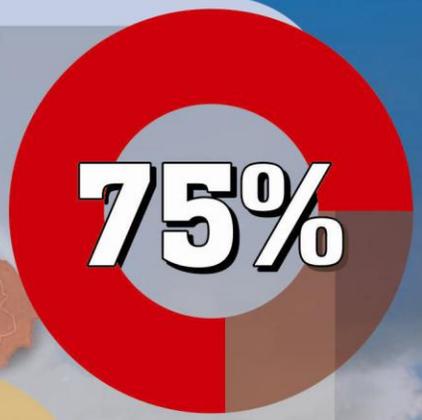
Anexo B. Índice de movilidad

Upz número	Localidad	UPZ	Puntaje
1	Suba	Guaymaral	1
2	Usaquén	Santa Barbara	0,95685134
3	Chapinero	El Refugio	0,84338665
4	Chapinero	Chicó Lago	0,8335863
5	Suba	La Alhambra	0,8281006
6	Usaquén	Los Cedros	0,79298352
7	Usaquén	Country Club	0,77279132
8	Suba	La Floresta	0,75567245
9	Suba	La Academia	0,74208691
10	Fontibón	Modelia	0,72052169
11	Teusaquillo	La Esmeralda	0,70918375
12	Suba	Niza	0,7009169
13	Teusaquillo	Teusaquillo	0,69624089
14	Suba	El Prado	0,67922466
15	Teusaquillo	Ciudad Salitre Oriental	0,66866786
16	Usaquén	Usaquen	0,66697281
17	Fontibón	Ciudad Salitre Occidental	0,66584943
18	Teusaquillo	Parque Simón Bolívar - Can	0,66521506
19	Suba	Casa Blanca	0,65990589
20	Teusaquillo	Quinta Paredes	0,6545648
21	Suba	San Jose de Bavaria	0,6207332
22	Chapinero	Pardo Rubio	0,62049687
23	Fontibón	Granjas de Techo	0,61411669
24	Teusaquillo	Galerías	0,5915391
25	Usaquén	Toberin	0,58611253
26	Barrios Unidos	Doce de Octubre	0,56970621
27	Barrios Unidos	Los Andes	0,55813487
28	Fontibón	Capellanía	0,55094195
29	Kennedy	Bavaria	0,51697213
30	Chapinero	Chapinero	0,47566856
31	Suba	El Rincon	0,46897194
32	Engativá	Santa Cecilia	0,44980008
33	Santa Fe	Sagrado Corazón	0,43834079
34	Suba	Britalia	0,43447834
35	Suba	Suba	0,41741634
36	Engativá	Garces Navas	0,40571872
37	Usaquén	Paseo de los Libertadores	0,40420537
38	Suba	Tibabuyes	0,38507331
39	Fontibón	Fontibón	0,3742118
40	Bosa	Bosa Central	0,35904912
41	Barrios Unidos	Los Alcázares	0,35684595
42	Engativá	Las Ferias	0,35361891
43	Puente Aranda	Zona Industrial y Puente Aranda	0,35246479
44	Bosa	Bosa Occidental	0,34740045
45	Usaquén	Verbenal	0,34477261
46	Kennedy	Timiza	0,34326827
47	Engativá	Boyaca Real	0,33939689
48	Puente Aranda	Muzu	0,33729795
49	Tunjuelito	Venecia	0,32490116
50	Kennedy	Carvajal	0,31971439
51	Kennedy	Castilla	0,31778412
52	Puente Aranda	Ciudad Montes	0,31684099
53	Barrios Unidos	Parque Salitre	0,31578044
54	Kennedy	Américas	0,31516011
55	Usaquén	La Uribe	0,30935731
56	Engativá	Bolivia	0,30815604
57	Engativá	Engativá	0,30722288
58	Antonio Nariño	Restrepo	0,29899272
59	Santa Fe	La Macarena	0,29784891
60	Kennedy	Patio Bonito	0,29701694
61	Rafael Uribe Uribe	Quiroga	0,28670134
62	Kennedy	Tintal Norte	0,28602584
63	Puente Aranda	San Rafael	0,28120267
64	Ciudad Bolívar	Arborizadora	0,27616284
65	Fontibón	Fontibón San Pablo	0,27282015
66	Engativá	Minuto de Dios	0,26559308
67	Bosa	Tintal Sur	0,26002323
68	Engativá	Jardín Botánico	0,25919011
69	Kennedy	Calandaima	0,25852176
70	Santa Fe	Las Nieves	0,24730506
71	Ciudad Bolívar	San Francisco	0,24708646
72	Rafael Uribe Uribe	San Jose	0,24265413
73	Engativá	Álamos	0,23602261
74	Antonio Nariño	Ciudad Jardín	0,23400959
75	Rafael Uribe Uribe	Diana Turbay	0,23067223
76	Kennedy	Las Margaritas	0,2296677
77	San Cristóbal	San Blas	0,22432416
78	San Cristóbal	La Gloria	0,21974105
79	Usaquén	San Cristobal Norte	0,21719362
80	Fontibón	Zona Franca	0,21682089
81	Bosa	Apogeo	0,21476012
82	San Cristóbal	Sosiego	0,21345273
83	Puente Aranda	Zona Industrial y Puente Aranda	0,21105817
84	Kennedy	Kennedy Central	0,20453264
85	Tunjuelito	Tunjuelito	0,19895023
86	Los Mártires	La Sabana	0,19847412
87	Los Mártires	Santa Isabel	0,19777912
88	Rafael Uribe Uribe	Marruecos	0,18432655
89	Kennedy	Gran Britalia	0,17712256
90	San Cristóbal	Veinte de Julio	0,17200332
91	La Candelaria	Candelaria	0,17109961
92	Ciudad Bolívar	Ismael Perdomo	0,16761564
93	Ciudad Bolívar	Lucero	0,16529218
94	Usme	Gran Yomasa	0,16297043
95	Kennedy	Corabastos	0,1511391
96	Bosa	El Porvenir	0,14743764
97	San Cristóbal	Los Libertadores	0,12866249
98	Santa Fe	Las Cruces	0,11056921
99	Rafael Uribe Uribe	Marco Fidel Suárez	0,11041073
100	Chapinero	San Isidro Patios	0,10888089
101	Ciudad Bolívar	Jerusalen	0,10143089
102	Santa Fe	Lourdes	0,09185056
103	Usme	Comuneros	0,0580345
104	Usme	Alfonso López	0,05154463
105	Usme	Ciudad de Usme	0,0504852
106	Usme	Danubio	0,04433779
107	Ciudad Bolívar	El Tesoro	0,03674789
108	Usme	La Flora	0,02402763
109	Ciudad Bolívar	Monteblanco	0



Bogotá, D.C.

Ciudad de Estadísticas



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ HUMANA