

Competitividad de la bicicleta eléctrica respecto del transporte público. Caso de estudio: Bogotá D.C.

Competitiveness of the electric bicycle regarding public transport. Case study: Bogota D.C.

URAZÁN, Carlos F. [1](#); VELANDIA, Edder A. [2](#); ESCOBAR, Diego A. [3](#)

Recibido: 14/07/2017 • Aprobado: 12/08/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados y Discusión](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

En busca de un escenario sostenible en la movilidad de Bogotá, la bicicleta eléctrica aventaja en velocidad media de recorrido respecto de la convencional, especialmente en hora punta, y si el trayecto no supera los 5km. Esa opción modal brinda mejor velocidad media de viaje que el transporte público debido a que el mayor tráfico en hora punta aventaja la velocidad de la bicicleta, y esa ventaja que aprovecha la bicicleta es más significativa si los recorridos son relativamente cortos.

Palabras clave Bicicleta, E-bike, Elección modal, Transporte público

ABSTRACT:

Searching a sustainable scenario in Bogota's mobility, the electric bicycle is ahead in average speed of travel compared to the conventional one, especially in rush hour, and if the route does not exceed 5km. This modal option offers better average travel speed than public transport because the greater rush-hour traffic outstrips the speed of the bicycle, and that advantage makes that use electric bicycle be more significant if the routes are relatively short.

Keywords Bicycle, E-bike, Modal choice, Public transport

1. Introducción

El libro blanco de la movilidad (MUSAL, 2014) reza que "La movilidad urbana sustentable es aquella que se enfoca en la satisfacción de las necesidades y expectativas de todas las personas para que puedan acceder a sus destinos deseados, al mismo tiempo que minimiza las externalidades negativas sociales, económicas y ambientales originadas en el uso del espacio público. De esta manera, contribuye a estructurar mejores ciudades, con menores necesidades

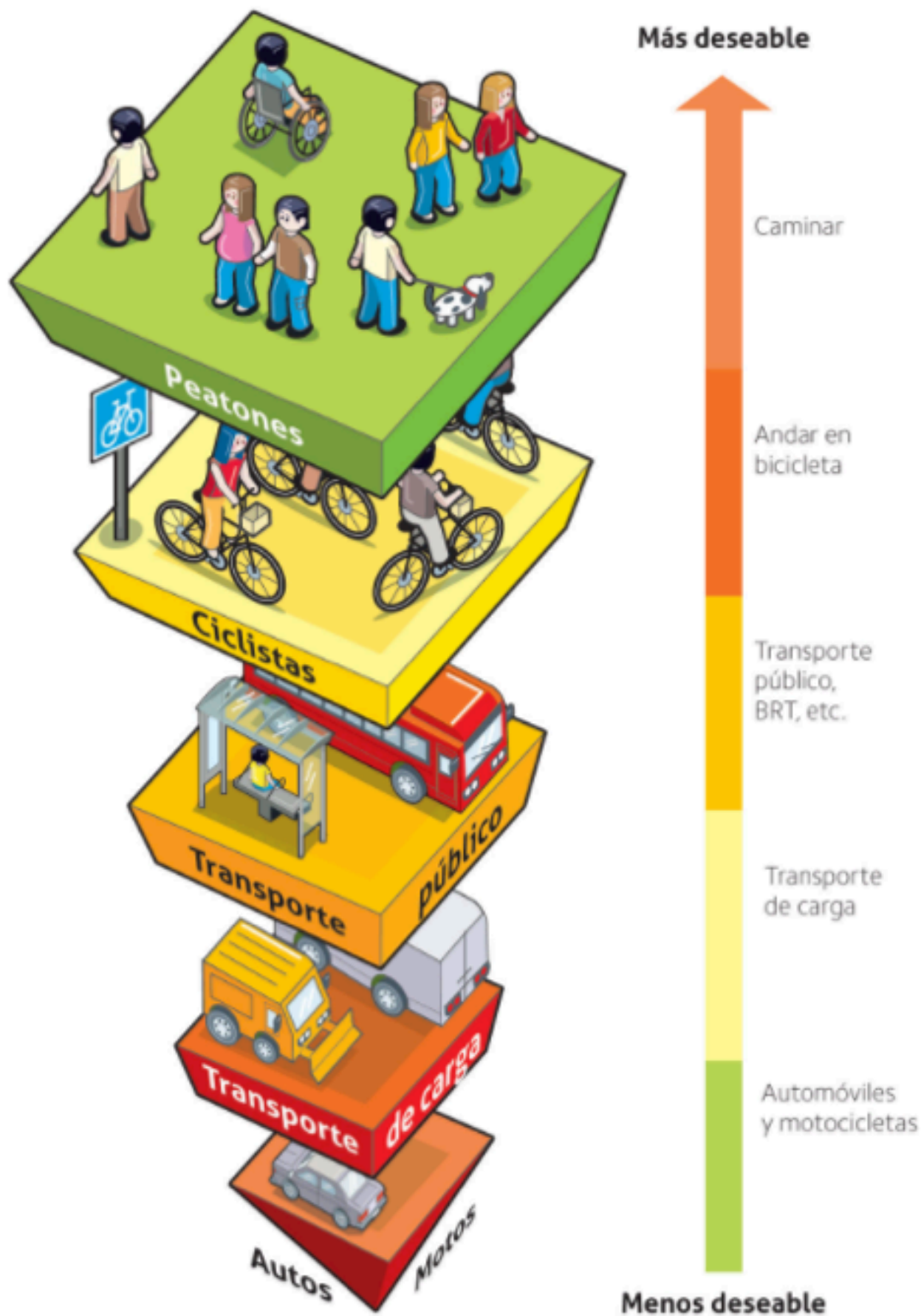
de desplazamientos motorizados, más compactas, seguras, limpias, adaptables, amables, activas y saludables; en suma, con mayor calidad de vida y competitividad”.

El documento también hace claridad de que las redes integradas de transporte público (*Sistema Integrado de Transporte Público -SITP- como se ha denominado en Bogotá*) han logrado aportar significativamente a los objetivos del sistema integrado de la movilidad sustentable, principalmente porque define los ejes que son la “columna vertebral” de los desplazamientos en las ciudades, a la vez que lo hace con una oferta multimodal. En el objetivo “desarrollo urbano” establece la jerarquía de movilidad, en orden prioritario, la siguiente:

- Modos no motorizados
- Transporte público
- Sistema logístico de suministros
- Sistemas de vehículos compartidos
- Transporte motorizado individual

Esa jerarquía llega a ser más explícita respecto de los modos no motorizados, es el caso de la pirámide del Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (*ITDP por sus siglas en inglés*) que propone como los modos más deseables: el caminar, la bicicleta, y el transporte público (figura 1).

Figura 1. Pirámide jerárquica de la movilidad urbana.



Fuente: ITDP. Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo, México.

En función de las premisas de desarrollo anotadas en los párrafos anteriores, el presente artículo es resultado de investigaciones orientadas a mostrar el beneficio que representan dos de los modos más sostenibles (*bicicleta y transporte público*) en términos de tiempos de viaje. Pero el presente análisis argumenta mayor detalle al diferenciar el potencial que en el caso bicicleta se tiene con la opción de tracción eléctrica o e-bike; pues se espera que facilite desplazamientos de mayor distancia y con tramos de una considerable pendiente en contra que los realizados generalmente en la bicicleta convencional (*sin tracción asistida*). De ser así, la e-bike resulta una opción competitiva a recorridos urbanos en transporte público, tanto en tiempo de viaje como en costo. El mismo documento de la MUSAL propone que los Planes de movilidad urbana en las distintas ciudades deben incorporar montos de inversión en infraestructura favorable para caminar y usar la bicicleta (fotografía 1).

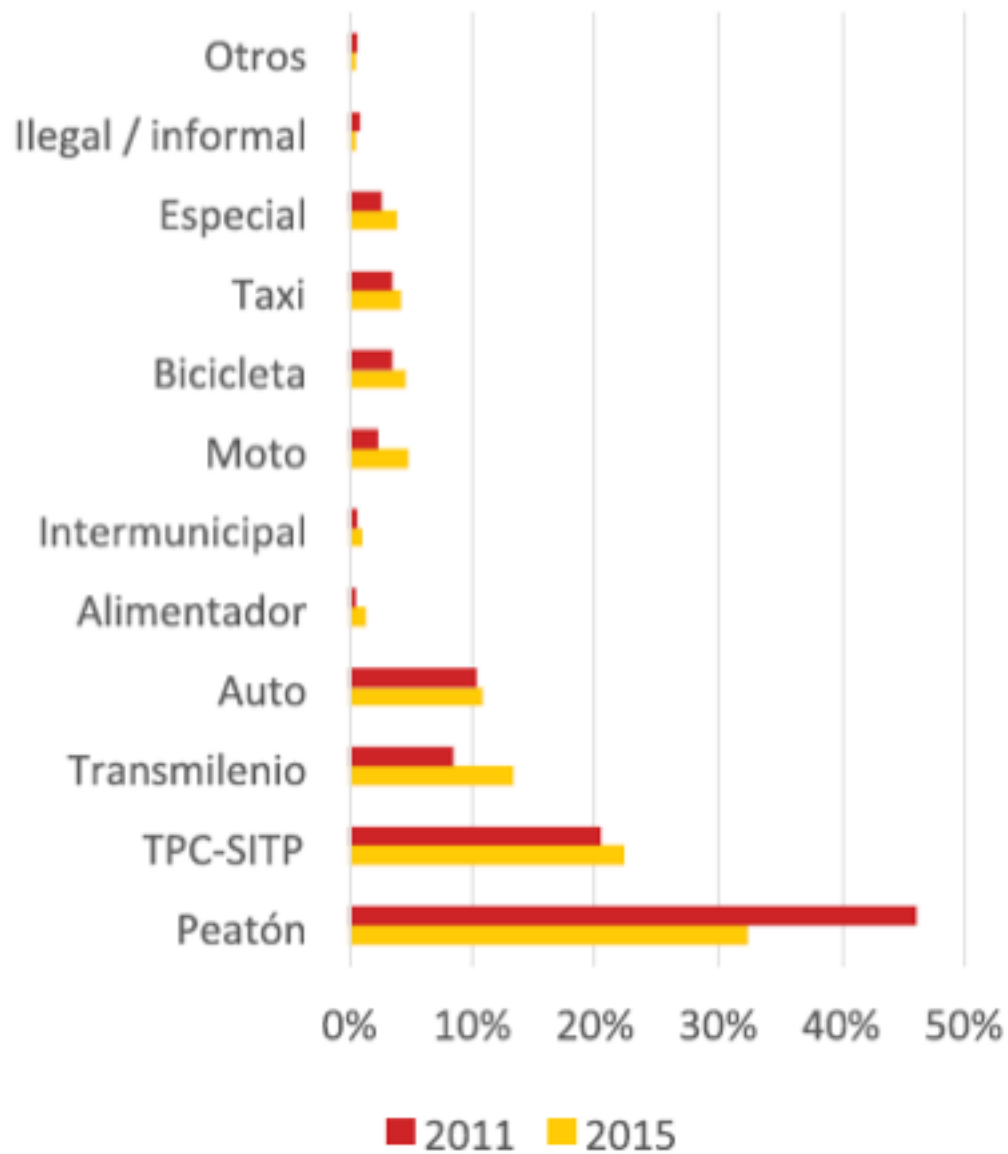
Fotografía 1. Interacción entre infraestructura para modos no motorizados, para transporte público, y para el vehículo particular.



Fuente: Libro Blanco de la movilidad sustentable (MUSAL, 2014)

En el caso Bogotá, el número de viajes en bicicleta se ha incrementado en un 28.32% entre los informes de las encuestas de Movilidad 2011 y 2015. Los viajes en transporte público también se incrementaron para el mismo período: 53% en el BRT TransMilenio, 70% en servicio intermunicipal, 144% en servicio alimentador, y un 6% en transporte colectivo. La motocicleta también tuvo un incremento importante: 99% (figura 2). Por su parte, el incremento en los viajes en automóvil fue solo un 2% (SDM, 2015). En el tema socioeconómico la participación modal de la bicicleta aumentó en todos los estratos, pero con mayor influencia en los estratos poblacionales con menos recursos (1 al 3) (figura 3). La participación del modo peatón disminuyó y se ve compensada con el aumento en transporte público y bicicleta.

Figura 2. Distribución porcentual de viajes por modos, entre los estudios de los años 2011 y 2015. Bogotá.

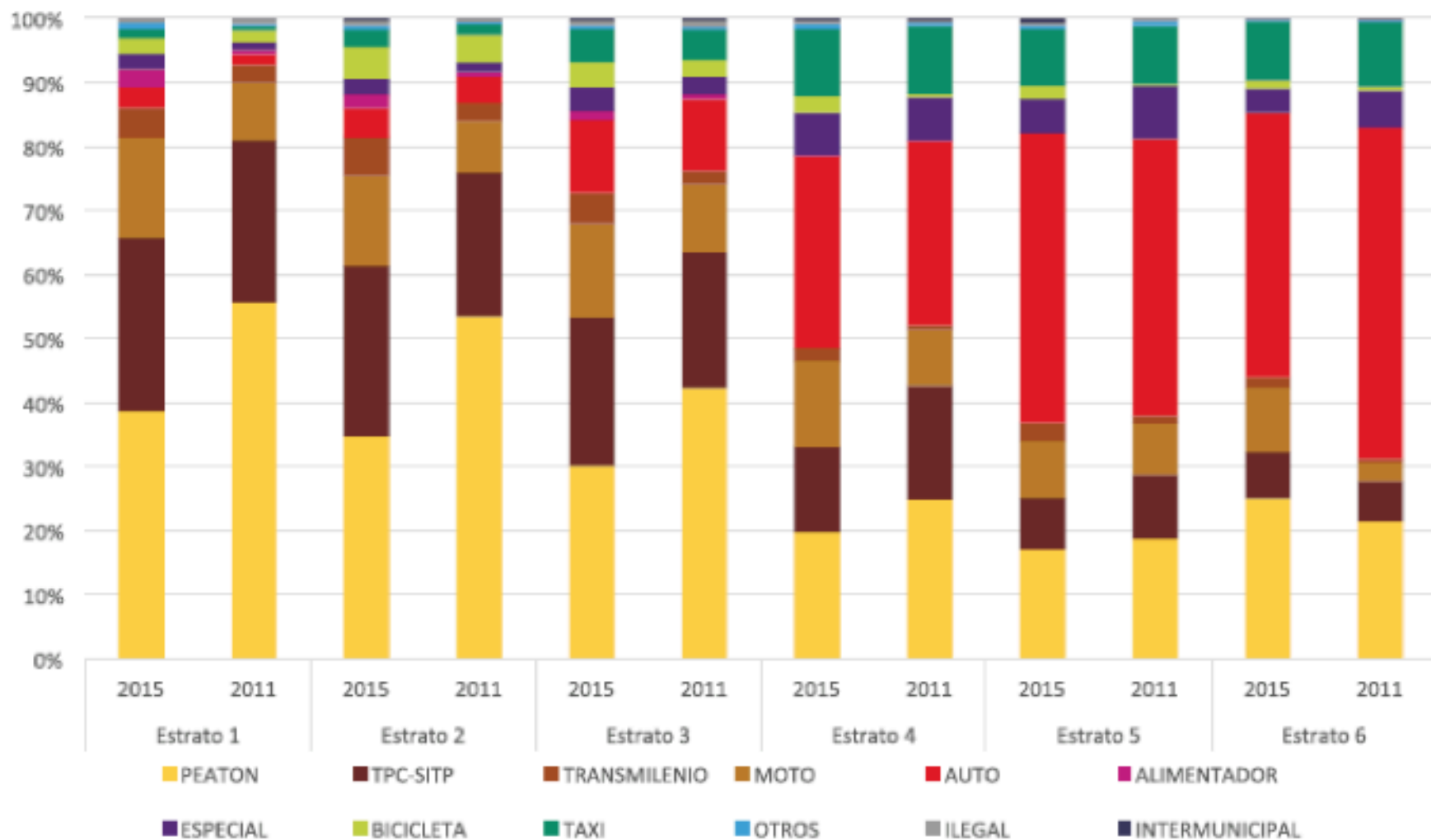


Fuente: Encuesta de movilidad urbana, 2015, Bogotá D.C.

A nivel mundial Bogotá destaca entre las principales ciudades que han incrementado la participación modal de la bicicleta desde la década de 1990. Un estudio la sitúa junto con Sevilla, Buenos Aires y Portland como más rápido crecimiento en la participación modal de la bicicleta, en una muestra de 19 ciudades de América Latina, Norte América y Europa (Pucher & Buehler (2017).

Con el fin de incrementar el uso del transporte público, el servicio ha de proveer los niveles de servicio esperados por la comunidad usuaria. Además, la elección modal de transporte se ve influenciada por varios factores como las características propias del usuario como su calidad y estilo de vida, el motivo de viaje, los beneficios percibidos en cada modo, el costo que implica cada modo. Siendo así, se sugiere que las políticas con intención de mitigar progresivamente el uso del vehículo privado deben estar orientadas a segmentos poblacionales específicos (Beirão & Sarsfield, 2007).

Figura 3. Distribución de viajes por modos y por estrato socioeconómico, entre los estudios de los años 2011 y 2015. Bogotá.



Fuente: Encuesta de movilidad urbana, 2015, Bogotá D.C.

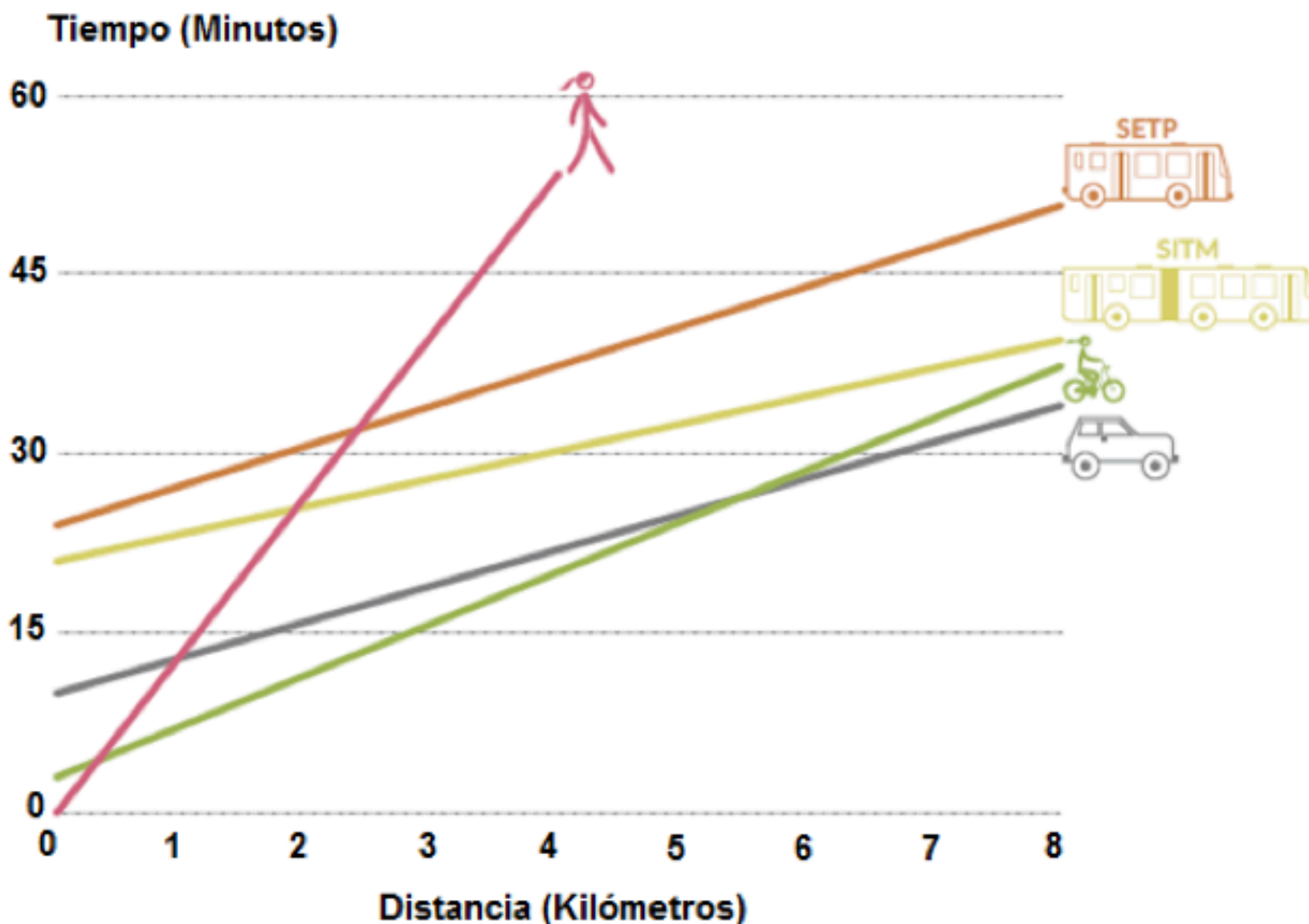
1.1 Beneficio de los modos para un transporte urbano sostenible

Como se observa en el apartado anterior, Bogotá ha venido incrementando de manera importante la participación modal en opciones sostenibles, tal como la bicicleta y el transporte público, a pesar de no apreciarse un descenso en el uso del automóvil. Lo anterior pone de manifiesto que vale la pena continuar impulsando las opciones sostenibles, y una alternativa que puede potenciar el uso de la bicicleta es hacerla más efectiva en términos del esfuerzo del usuario para lograr distancias cada vez mayores, que superen los 5 km de recorrido (*distancia con la que se logra que el viaje en bicicleta sea competitiva en términos de tiempo respecto del transporte público y el particular*) (figura 4). De igual manera la pendiente longitudinal en el trazado es importante. Para marcar un umbral a partir del cual la bicicleta de tracción asistida (*eléctrica*) se estima un 6%, cifra a partir de la cual debido al efecto de fatiga al usuario con pendiente en contra (Ministerio de Transporte, 2016).

Una variante en el uso de la bicicleta como modo de transporte urbano, es el servicio público integrado de las mismas, también denominadas como bicicletas compartidas. Estos sistemas se difundieron con éxito en Europa en la primera década de 2000, registrando un cambio importante en la distribución modal de viajes a favor de la bicicleta. Esto trajo como impactos positivos mejores indicadores ambientales, y la incorporación de tecnología redujo los índices de vandalismo y de robo de bicicletas. Esto fue posible gracias a la disposición de carriles de circulación exclusiva para bicicletas y una amplia red de estacionamientos que facilitaron la intermodalidad con el transporte público y la caminata. El estudio incluyó una muestra de 13 países europeos, a China, EEUU y Canadá (Midgley, 2009). Por su parte, Fishman (2016) concluye que es importante observar hay ciudades en las que si bien no existía una tradición en la participación modal de la bicicleta, la tendencia viene en aumento (*Londres, Nueva York, Barcelona y Chicago*), y eso es un buen indicador; pero no obstante se percibe como un modo de transporte aún marginado, es decir, con escasa participación en el total de viajes.

En el transporte público (se omite el bici-taxi por no estar debidamente reglamentado en Colombia) los vehículos no tienen el inconveniente del esfuerzo físico por parte del usuario y logran mayor velocidad de viaje que otros modos en distancias que superan los 6 km (la velocidad de viaje depende del sistema, podría compararse un BRT con el TPC). Por tanto, la distancia de viaje y la pendiente media de la ruta no suelen ser variables a controlar.

Figura 4. Velocidad media por modos



Fuente: Ministerio de Transporte, 2016.

1.2 Pros y contras de la bicicleta eléctrica

La bicicleta por sí misma expone ventajas como modo de transporte. Su alta valía como opción sustentable lo describe bien: no emite partículas contaminantes, facilita distancias de viaje mayores respecto de la caminata y otros modos según sea el caso del trayecto, su costo de adquisición y mantenimiento lo hace el modo particular más económico, y su uso trae beneficios para la salud. Además, la incorporación de vías de uso exclusivo para ciclistas aumenta la seguridad vial y la velocidad media de viaje. La ventaja que presenta en términos de rendimiento físico del ciclista la opción eléctrica aumenta su viabilidad como transporte urbano sostenible (Rose, 2011).

Entre diversas condiciones que caracterizan a la bicicleta eléctrica se destaca que su velocidad límite sea aproximadamente de 40 Km/hora y que tenga apoyo a la tracción mediante el accionar de los pedales. En el caso de las bicicletas convencionales se puede superar los 60 km/h (Urazán y Velandia, 2017).

No obstante las ventajas, existen condiciones urbanas y de movilidad que aún están por mejorar en el uso cotidiano de la bicicleta. Tal es el caso de la exposición por parte del ciclista a las partículas contaminantes que resultan de los vehículos a combustión (Woodcock, J. et al,

2007). Otro aspecto que pone en desventaja a la bicicleta eléctrica es su costo pues resulta más costosa que la convencional pero menos que el uso frecuente del transporte público. Por consumo de combustible, la modalidad convencional no lo requiere, a nivel de costo de adquisición la eléctrica es más costosa, el mantenimiento también tiene mayor costo, y el valor añadido de la batería no es el caso de la opción no asistida (Weinert, J. et al., 2007).

Un aspecto más preocupante al interior de los problemas que ha presentado el uso de la bicicleta eléctrica es el grado de accidentalidad. Weber et al. (2014) identificó en el caso Suiza que la mayor causa probable de los accidentes era una mayor velocidad en la eléctrica, criterio al que también llegaron Papoutsi et al. (2014). En el caso China (Hefei), un estudio revela que la edad del ciclista, el tipo de bicicleta (*e-bike o convencional*) y la violación a las normas de tránsito son los principales factores de riesgo en los incidentes que involucran a una bicicleta (Hu et al., 2014).

En cuanto a los parámetros de decisión modal en pro de la bicicleta como opción de movilidad obligada o commuting, Heinen et al. (2011) concluyen que los usuarios encuentran más provecho a este modo cuando los trayectos son más largos. También encontraron que el aspecto de seguridad tiene más prioridad en países donde el uso de la bicicleta es menos común que en casos como Holanda o Dinamarca en donde el uso de la bicicleta es más con motivo de transporte que de recreación. Pero para lograr mejor impacto en la decisión modal hacia la bicicleta es importante que los modos no motorizados sean parte esencial en la modelación y planificación del transporte. Además, queda claro que los motivos por los cuales ciertos usuarios deciden por un mismo modo son distintos, y por eso hay que conocer e influir positivamente en esos motivos desde la política pública, dando así mayor importancia a la bicicleta como opción modal a nivel individual, local y regional (Gatersleben & Appleton, 2007).

Habiendo planteado ventajas y desventajas del uso de la bicicleta eléctrica respecto de la convencional, se asumen mayores ventajas en la primera si la variable a tener en cuenta para su selección modal es el tiempo de viaje. Pero el interrogante a resolver es si las ventajas de la eléctrica mejoran sus opciones de elección modal frente al transporte público.

2. Metodología

Con el objetivo de comparar la ventaja en velocidad media de recorrido la bicicleta eléctrica y el transporte público, se analizó información resultante de pruebas en campo. Por un lado, estudios que compararon tiempos de viaje entre la bicicleta eléctrica y la convencional, y otro en que se compararon tiempos medios de viaje entre diversos modos de transporte, entre ellos la bicicleta convencional y el transporte público, tanto colectivo como masivo tipo BRT. Todos los estudios corresponden al caso Bogotá y contiene información en hora punta, lo que los hace comparables. Como el estudio comparativo con el transporte público fue relacionado con la bicicleta convencional, se aplicará un factor en la velocidad media de viaje de la bicicleta convencional, que resulta de los primeros estudios que compararon los dos tipos de bicicleta. Así, se aumentará la velocidad media de la convencional para hacerla equivalente a la opción eléctrica, para luego compararla con los resultados del transporte público.

Los estudios comparativos entre los dos tipos de bicicleta fueron desarrollados como trabajo de fin de carrera por Siabato y Martínez (2016) y por Olaya y Salgado (2017), ambos bajo la propuesta y dirección temática del investigador Carlos Felipe Urazán Bonells. Esas pruebas de recorrido en distintos trayectos registraron información como: la longitud del trayecto, pendiente media, y la existencia o no de carriles de uso exclusivo para bicicleta. En cada trabajo se estudiaron un total de 10 trayectos (*mayores a 6 km en el primero, y combinación de menos de 6 y hasta 10 km en el segundo*), en ambos sentidos, y tanto en hora punta como en hora valle, con una repetición de 3 viajes por cada sentido y para cada franja horaria. Con ese registro se cuantificó el tiempo de viaje, y empleando herramientas como Google Maps y seguimiento al viaje con aplicaciones móviles como Runtastic, se determinó la distancia respectiva, datos de pendiente media del terreno y se corroboró la distancia total recorrida y la velocidad media. Adicionalmente, con los datos de tiempo y distancia se corroboró la velocidad

media de viaje. El umbral de 6 km se estableció debido a que la experiencia documentada indica que en los viajes por debajo de esa distancia la bicicleta suele ser altamente competitiva frente a otros modos de transporte urbano como el transporte público y el vehículo particular. En cada uno de los estudios los usuarios de las dos bicicletas fueron los mismos, esto con el fin de no alterar los resultados por disponer de un ciclista con mejor condición física o mayor frecuencia de uso de la bicicleta al comparar los resultados de un mismo trayecto en ambas opciones de bicicleta. El estudio de Siabato y Martínez (2016) compara las velocidades medias entre bicicleta eléctrica, bicicleta convencional y transporte público.

El estudio comparativo de velocidades de recorridos entre diversos modos de transporte: automóvil, motocicleta, bicicleta, Transporte Público Colectivo (TPC), sistema Bus Rapid Transit (BRT), y modo a pie fue desarrollado por Medina, Linares y Urazán (2014). El estudio se realizó por el método de vehículo flotante, apoyado en registro seguimiento por GPS con la aplicación My-Track y con un GPS marca Go-Pro, modelo Etrex 20. Los trayectos se discriminaron por longitud en: rutas cortas ($< 5\text{km}$) y rutas medias (*entre 5 y 10 km*). Es importante aclarar que el estudio en mención consideró el tiempo total de viaje en transporte público, incluyendo los desplazamientos entre los puntos de origen – destino y la(s) respectiva(s) estación(es) o paradero(s) y esperas del servicio. Ese mayor tiempo reduce la velocidad de recorrido. Como se aprecia, este último estudio siguió una metodología similar que los dos primeros.

3. Resultados y Discusión

3.1 Comparación de velocidad media para los 2 tipos de bicicleta

De manera general, la diferencia de velocidad media de viaje entre la bicicleta eléctrica y la convencional es de poca relevancia. Al comparar los 2 estudios en que se realizaron los trayectos con las 2 bicicletas, en los recorridos menores a 6 km las velocidades resultaron similares. En el caso de los períodos punta la velocidad media de la eléctrica resultó 1.05 veces superior que para la convencional (*14.2 y 13.5 km/h, respectivamente*). En hora valle se logró una relación levemente superior: 1.08, con velocidad de 14.8 km/h para la eléctrica y 13.7 km/h para la convencional. Estos resultados muestran mayor ventaja de la eléctrica en hora valle, debido a que puede obtener mayor potencial al circular en un tránsito menos denso. Las cifras anteriores resultan en un factor multiplicador medio de 1.07 para equivaler la velocidad de la bicicleta convencional con la eléctrica.

Cuando los trayectos superaron los 6 km las velocidades medias resultan con una desviación muy baja, es decir, no se aprecian velocidades que sean sustantivamente mejores. En las mediciones de hora punta el factor resultó levemente inferior a 1 (0.99), lo que traduce que aunque la lectura general es que tanto para la bicicleta convencional como para la eléctrica se asumen como iguales, la primera obtuvo mejor registro que la segunda (*situación contraria a lo expuesto en el párrafo anterior*). Las pruebas en hora valle también arrojan velocidades prácticamente iguales entre las 2 bicicletas, pero en este caso el factor es 1.01, volviendo a registrar mejor velocidad la eléctrica que la convencional. De manera general, lo reseñado en este párrafo da un factor medio de 1.00, lo cual implica que para tramos relativamente largos la bicicleta eléctrica no obtiene ventaja en términos de velocidad media respecto de la convencional.

Los trayectos también fueron evaluados por condición de pendiente media.

El análisis puede hacer para pendientes menores a 2%, entre 2 y 5%, y entre el 5 y 7%. Los dos primeros rangos obedecen al comportamiento de la mayoría de los trazados realizados en las pruebas de campo, mientras que mayores al 5% se presentaron en pocos sectores, especialmente en inmediaciones del Centro de la ciudad. En pendientes bajas ($< 2\%$) resultó el mismo factor tanto en hora punta como en valle (1.06). Para pendientes medias (*entre 2 y 5%*) la ventaja de la eléctrica es similar en ambas franjas horarias: para hora valle gana un poco más con factor de 1.17, mientras que en hora punta es de 1.16. En los tramos de mayor

pendiente ($> 5\%$) se repite la condición anterior: factor de 1.17 en hora valle y de 1.16 en hora punta. De manera general se concluye que la bicicleta eléctrica logra mayor ventaja frente a la no asistida en pendientes que superan el 2%. No obstante se aclara que a mayor pendiente la velocidad media desciende: de 14.73 a 13.36 y a 12.46 km/h.

Teniendo en cuenta los factores multiplicadores por condición de pendiente, la media resulta en 1.13. Ahora, promediando ese dato con el factor de 1.07 para recorridos menores a 6 km y con el factor de 1.00 para lo recorrido que superan los 6 km de longitud, se llega a un factor global de 1.07 para aplicar a la velocidad media en bicicleta convencional y hacerla equivalente a la velocidad de la eléctrica.

3.2 Comparación de la velocidad media de la bicicleta con el transporte público

A partir del estudio de Medina, Linares y Urazán (2014) se encontró que para recorridos menores a 5 km de distancia la bicicleta registró 15 km/h en la hora punta mañana, 17 km/h en la franja valle, y 18 km/h en la hora punta tarde, siendo el segundo modo más efectivo en cuanto a velocidad se refiere, después de la motocicleta. Los registros de la bicicleta convencional se incrementaron con factores de: 1.05 para hora punta y de 1.08 para hora valle para obtener los valores de la bicicleta eléctrica.

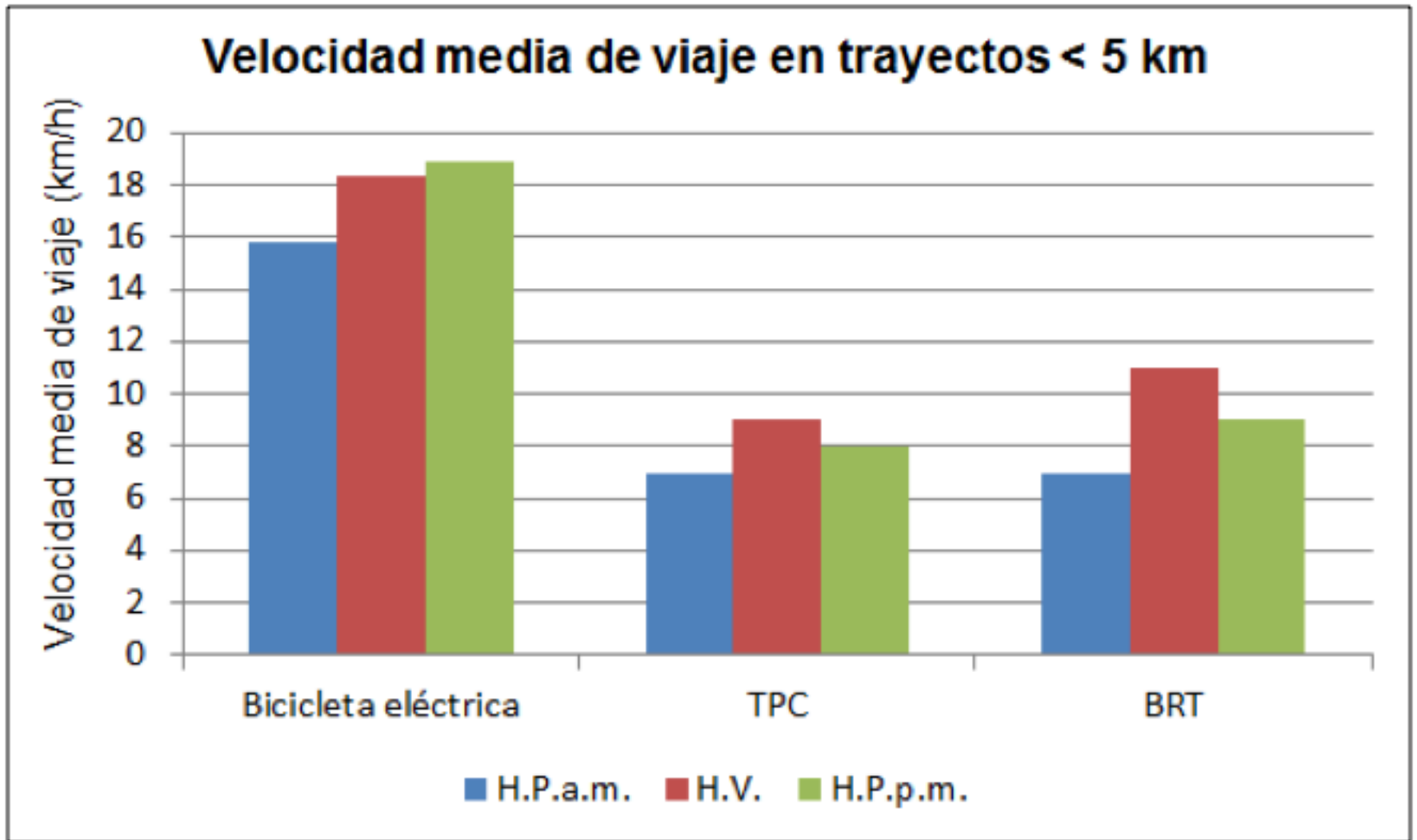
El transporte público colectivo (TPC) presentó: 7 km/h en hora punta mañana, 9 km/h en hora valle, y 8 km/h en hora punta tarde. Esta menor velocidad se explica en la caminata inicial, la espera en paradero, las continuas detenciones por paradas para ascenso y descenso de pasajeros, y la caminata final hacia el lugar de destino. En el caso del BRT se obtuvo: 7 Km/h en hora punta mañana, 11 km/h en hora valle, y 9 km/h en hora punta tarde. Por las consideraciones anteriores es que la figura 4 presenta velocidades muy superiores para el transporte público, llegando a valores de 17.8 km/h para el TPC (SETP) y 26.7 km/h para el BRT (SITM) (*datos de la "Encuesta de percepción sobre las condiciones, calidad y servicio a los usuarios del Transmilenio, SITP y TPC", Cámara de Comercio de Bogotá, 2014*). La afirmación anterior se puede corroborar al comparar las cifras con las de Gómez y Lesmes (2012) que calcularon la velocidad media de viaje en TransMilenio en las troncales: Calle 80, Avenida Caracas, Avenida Las Américas, Avenida Suba, y NQS; llegando a un resultado promedio de 19 km/h con desviación estándar de solo 4 km/h.

La diferencia en velocidades medias para transporte público radica en que los estudios empleados para el presente análisis incluyen los tiempos de desplazamiento peatonal inicial y final de viaje, puesto que se estaba evaluando la elección modal de un origen a un destino seleccionados aleatoriamente, lo cual incluye los tiempos de espera y de transbordo (*si es el caso*). Esos mayores tiempos de viaje reducen la velocidad media. Como resultado se tiene que la bicicleta eléctrica es más eficiente en velocidad media de recorrido que el transporte público cuando los trayectos no superan los 5 km. En hora punta la bicicleta mejora la velocidad en aproximadamente 2.2 veces, y en hora valle en cerca de 1.85 veces (figura 5). La diferencia en la relación entre la velocidad media en eléctrica y transporte público no varía sustancialmente en hora punta, no importa si es a.m. o p.m., pues la velocidad de la eléctrica es 2.3 veces la del TPC y también la del BRT en hora punta a.m. y es 2.4 veces la del TPC y 2.2 veces la del BRT cuando es hora punta p.m. En hora valle la eléctrica reduce su ventaja, pues su velocidad es 2.0 veces la del TPC y 1.7 veces la del BRT. En acuerdo a lo anterior, la bicicleta eléctrica tiende a registrar mejor velocidad media comparada de viaje en hora punta que en hora valle, y resulta más competitivo el BRT que el sistema TPC (*esto último no está ligado a la ventaja que puede ofrecer la e-bike*), de manera que la bicicleta es mejor opción para el usuario cuya otra posibilidad es el TPC.

Para los recorridos entre 5 y 10 km de distancia, la bicicleta pasa a tercer lugar de velocidades globales, después de la motocicleta y el automóvil. En este caso se aplicó un factor general de 1.00 tanto para hora valle como para hora punta. Los resultados registraron nuevamente las

mejores velocidades para la bicicleta eléctrica que para el transporte público. Sin embargo, la velocidad media para la bicicleta eléctrica desciende en tan solo 1 km/h, pero de otra manera, la velocidad media del TPC aumentó en 2.67 km/h y la del BRT en 6.33 km/h (figura 6). Tal como podría esperarse, a mayor distancia recorrida la bicicleta eléctrica pierde competitividad frente al transporte público, pero si se mantiene la distancia de viaje por debajo de los 10 km sigue siendo la mejor opción, seguido por el sistema BRT.

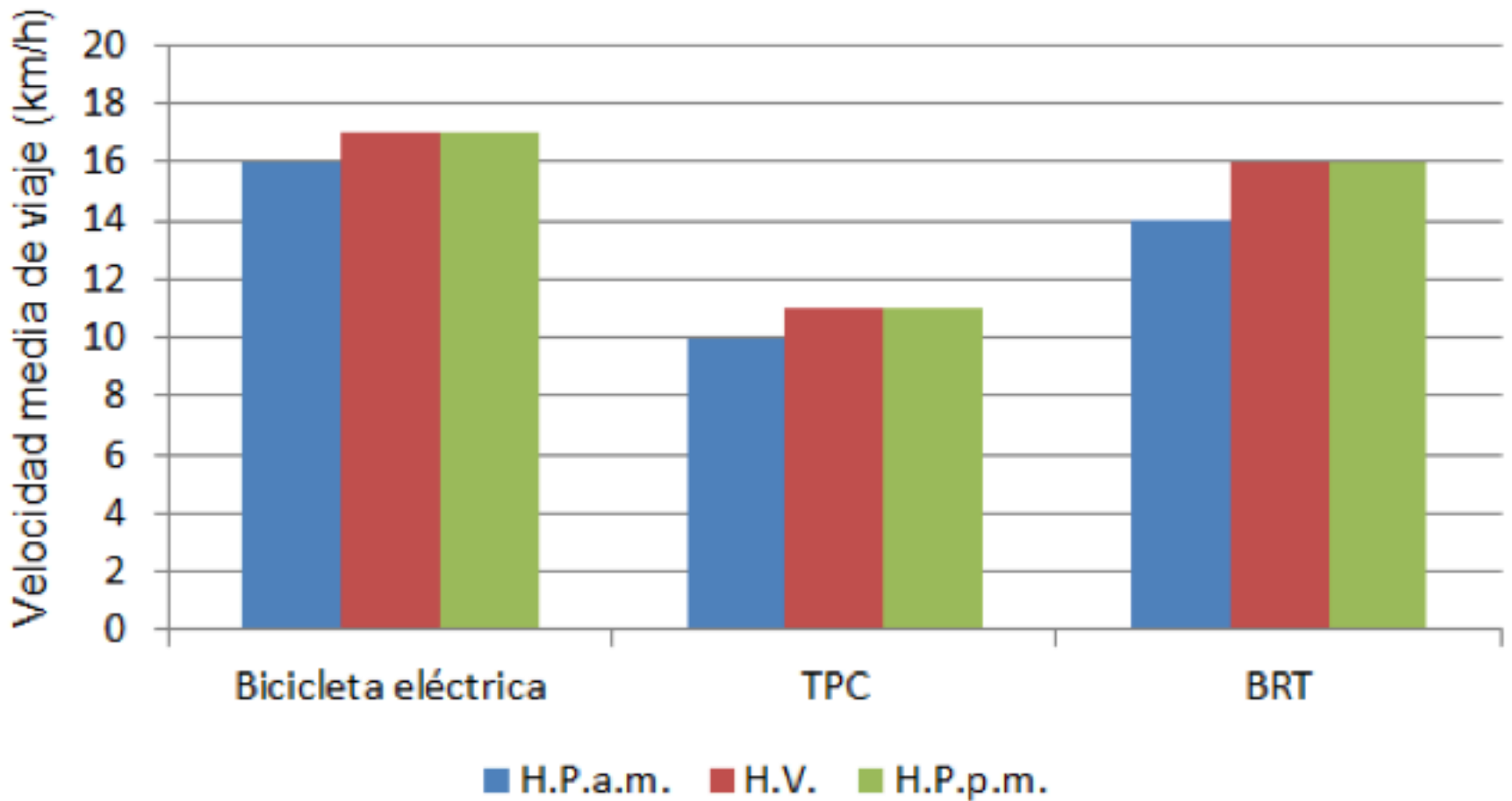
Figura 5. Velocidad media por modos para recorridos < 5 km.
Resultado con los datos del estudio realizado en 2014.



Fuente: Elaboración de los autores

Figura 6. Velocidad media por modos para recorridos entre 5 y 10 km.
Resultado con los datos del estudio realizado en 2014.

Velocidad media de viaje en trayectos > 5 km



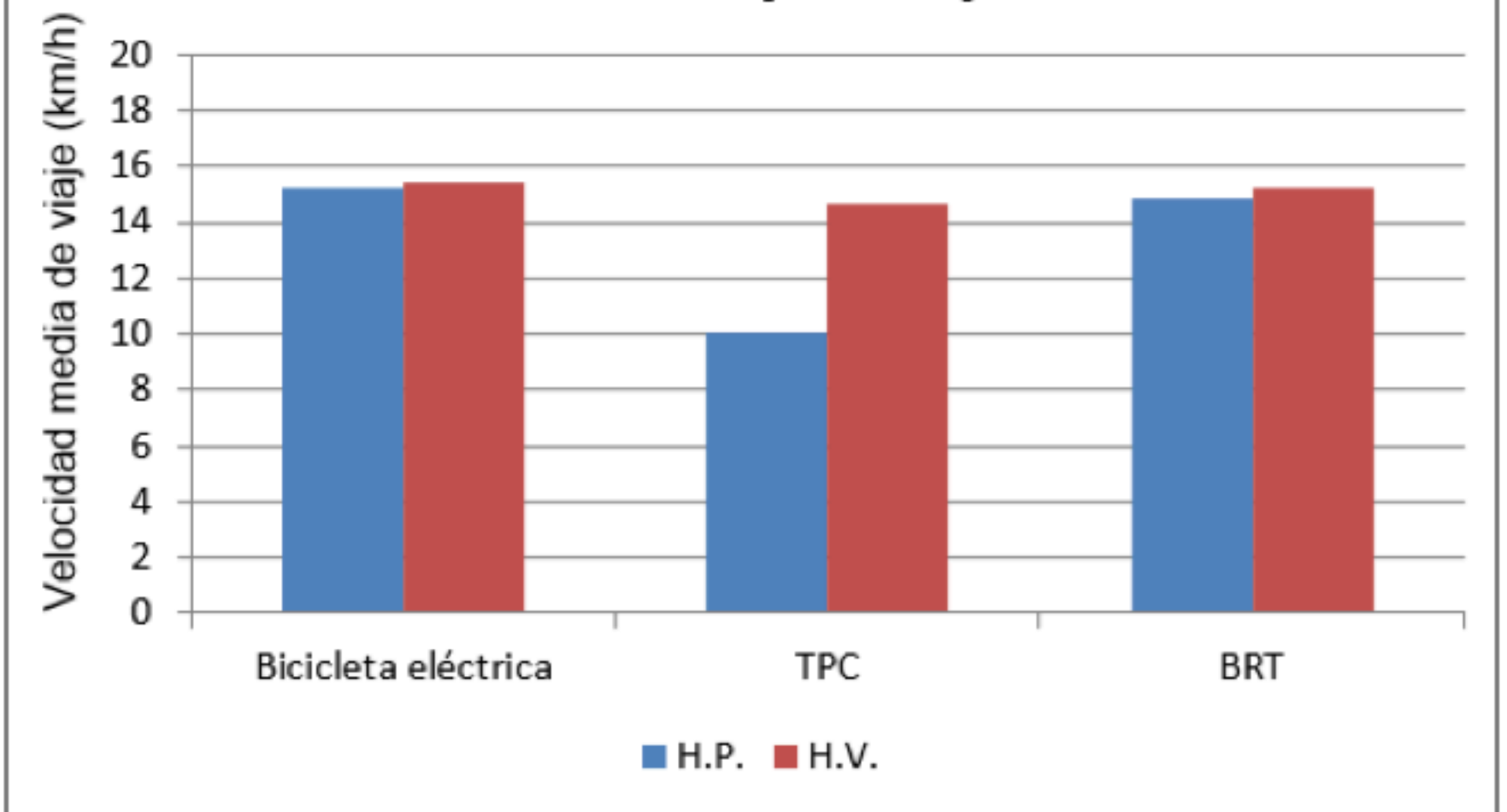
Fuente: Elaboración de los autores

Los datos de Siabato y Martínez (2016) se basan en recorridos entre 6 y 10 km de distancia. Los viajes en transporte público se distribuyeron en TPC y BRT de acuerdo a la accesibilidad, siendo más lógico en términos de ahorro de tiempo una opción o la otra. El período horario en ese estudio fue solo hora punta, y se hizo la toma de datos según facilidad de los aforadores, fuera en horas a.m. o en horas p.m. Los resultados muestran que para recorridos entre 6 y 10 km la opción modal del BRT en hora valle supera en 1.40 veces la velocidad media de la bicicleta eléctrica. La media de la bicicleta supera en 3 km/h la del TPC, pero es superada en 3.1 km/h por el BRT. En el resultado de los 2 primeros estudios la media de la bicicleta supera en 6 km/h la del TPC y en solo 1.3 km/h a la del BRT.

Finalmente se obtuvo el resultado medio para los viajes mayores a 5 km (figura 7). El orden de mayores velocidades sugiere que la bicicleta eléctrica es la mejor opción, seguida con valores muy cercanos por el sistema BRT, y finalmente el sistema TPC. Siendo así, se tiene que la bicicleta eléctrica tiene una ventaja casi despreciable con respecto al BRT, pues supera su velocidad media en tan solo 1.03 veces para hora punta, y en 1.01 veces en hora valle. La diferencia es más significativa respecto al sistema TPC, pues en hora punta supera su velocidad en 1.52 veces, pero en hora valle el factor baja a 1.05.

Figura 7. Velocidad media por modos para recorridos entre 5 y 10 km. Resultado promedio de los estudios realizados en 2014 y 2016.

Velocidad media de viaje en trayectos > 5 km



Fuente: Elaboración de los autores

Un estudio similar fue desarrollado en Bogotá por la Universidad de Los Andes en un evento al que denominaron "Carrera de modos Uniandes 2016". En ese ejercicio comparativo la bicicleta obtuvo mejor resultado que el Sistema Integrado de Transporte Público SITP y que el BRT Transmilenio, en un recorrido de 9 km (Universidad de Los Andes, 2016).

4. Conclusiones

En principio se ha de destacar que la variable de mayor interés para el ciudadano que tiene como opción real la bicicleta es el tiempo de viaje respecto de otros modos, sumado a un compromiso sostenible. Al interior de la opción bicicleta se destaca recientemente la versión eléctrica o e-bike. Esta última ha mostrado que ofrece velocidades medias en trayectos urbanos que superan (*aunque no por mucho*) a los registros de la bicicleta convencional. En viajes realizados en períodos de hora punta la velocidad media de la eléctrica resultó 1.05 veces superior que en el caso de la convencional; mientras que si el viaje es en hora valle se logra una leve mejora pues la relación aumenta a 1.08. Esa leve mejoría se debe a que en hora valle tiende a haber menor tránsito que produzca detenciones o reducciones de velocidad al ciclista, y por tanto no afecte de igual manera el nivel de servicio. Si el trayecto se asocia a pendientes en contra considerables (*que superen el 5%*) la versión eléctrica también da mejores resultados. Si bien era de esperarse, la velocidad media desciende a medida que los tramos tienen mayor pendiente, de aproximadamente 14.7 km/h en pendientes leves (< a 2%) hasta cerca de 12.5 km/h en pendientes menores al 7%. Para las pendientes más pronunciadas el uso de la bicicleta eléctrica permite lograr una velocidad media 1.17 veces mayor en hora valle que en hora punta.

Habiendo definido la mejor condición de viaje en la opción eléctrica versus la convencional, queda por analizar la ventaja de la e-bike respecto del transporte público.

Cuando los recorridos son menores a 5 km la velocidad de la eléctrica es 2.3 veces la del TPC y 2.2 veces la del BRT en hora punta. En hora valle la eléctrica reduce su ventaja, pues su

velocidad es 2.0 veces la del TPC y 1.7 veces la del BRT.

En los recorridos que superan los 5 km de distancia la bicicleta eléctrica tiene una ventaja mínima si se compara con el BRT, pues la velocidad media del primero es 1.03 veces para hora punta, y en 1.01 veces en hora valle. La diferencia es más significativa respecto al sistema TPC, pues en hora punta supera su velocidad en 1.52 veces, pero en hora valle el efecto es menor con factor de 1.05.

En conclusión, la bicicleta eléctrica registra mayor ventaja comparativa frente al transporte público en hora punta que en hora valle, y resulta más ser mejor opción modal para aquellos usuarios cuya opción en transporte público sea en sistema TPC. El otro criterio que facilita la decisión modal a favor de la bicicleta es si el recorrido a realizar es menor a los 5 km. Siendo así, la bicicleta eléctrica favorece el tiempo de desplazamiento en los viajes por movilidad obligada (*estudio y trabajo*), especialmente si son en hora punta; ventaja frente la relación distancia recorrida y tiempo empleado en transporte público. Si bien varios estudios recientes ponen de manifiesto las dificultades que gran parte de la ciudadanía en Bogotá encuentran para el uso cotidiano de la bicicleta como modo de transporte y no de recreación, la disposición de infraestructura en la ciudad y los indicadores recientes de movilidad permiten apostar por una movilidad cada vez más sostenible que tiene un fuerte aliado en la bicicleta, en donde la modalidad eléctrica tiene un rol importante a pesar de tener hoy por hoy un alto costo de adquisición.

Referencias bibliográficas

Beirão, G. & Sarsfield, J.A. (2007). *Understanding attitudes towards public transport and private car: A qualitative study*. Transport policy. Vol. 14, issue 6, p-p 478-489.

Fishman E. (2016). *Cycling as transport*. Transport review. Vol. 36, Issue 1, p-p. 1 – 8. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2015.1114271?scroll=top&needAccess=true>

Gatersleben, B., Appleton K. (2007). *Contemplating cycling to work: attitudes and perceptions in different stages of change*. Transportation research. Vol. 41. Issue 4, p-p. 302 a 312. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856406001091>.

Gómez W., Lesmes H. (2012). *Perfil de velocidades en la red troncal de TransMilenio*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Heinen E., Maat K., Wee, B. (2011). *The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances*. Transportation research. Vol. 16. Issue 2, p-p. 102 a 109. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920910001306>

Hu F., Lv D., Zhu J., Fang J. (2014). *Related risk factors for injury severity of e-bike and bicycle crashes in Hefei*. Traffic injury prevention. Vol. 15. Issue 3, p-p. 319 a 323. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15389588.2013.817669>

Medina, C., Linares, R., Urazán C.F. (2014). *Comparación de velocidad media de recorrido para varios modos en la ciudad de Bogotá*. Universidad de La Salle, Bogotá.

Midgley P. (2009). *The Role of Smart Bike-sharing Systems in Urban Mobility*. Journeys. Sharing urban transport solutions. Land transport authority. Issue 2. Singapore.

Ministerio de Transporte, República de Colombia (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*.

Rose, G. (2011). *E-bikes and urban transportation: emerging issues and unresolved questions*. Transportation, Vol. 39, Issue 1, p-p. 81 – 96. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-011-9328-y>

Olaya K., Salgado C., Urazán C.F. (2017). *Análisis comparativo de tiempos de desplazamiento e influencia de la longitud de recorrido entre bicicleta convencional y e-bike en Bogotá*.

Universidad de La Salle, Bogotá.

Papoutsis S., Martiniolli L., Tasso B., Exadaktylos A. (2014). *E-bike injuries: experience from an urban emergency department. A retrospective study from Switzerland*. *Emergency medicine international*, Vol. 14, article ID 850236, 5 pages.

Pucher J., Buehler R. (2017). *Cycling towards a more sustainable transport future*. *Transport reviews*. Vol. 36. Issue 1, p-p. 1 – 6. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2017.1340234>

Secretaría Distrital de Movilidad –SDM–, Alcaldía Mayor de Bogotá (2015). *Encuesta de Movilidad para Bogotá*.

Siabato N., Martínez K., Urazán C.F. (2016). *Estudio de la eficiencia de la bicicleta eléctrica comparado con el transporte público y la bicicleta convencional*. Universidad de La Salle, Bogotá.

Universidad de Los Andes (2016). *Carrera de modos Uniandes 2016*. Bogotá. Disponible en: <https://uniandes.edu.co/es/noticias/ingeniera/cual-es-el-mejor-modo-de-transporte-para-llegar-a-los-andes/>

Urazán C.F., Velandia E. (2017). *La motocicleta como modo de transporte. Desde la ciudad y el usuario*. Universidad de La Salle, Bogotá. En proceso de evaluación editorial.

Weber et al. (2014). *Evaluation of e-bike accidents in Switzerland*. *Accident analysis and prevention*, Vol. 73, p-p. 47 – 52. Disponible en: http://ac.els-cdn.com/S0001457514002231/1-s2.0-S0001457514002231-main.pdf?_tid=1f4fea0a-47b2-11e7-9178-00000aab0f01&acdnat=1496421781_fde29b2f3de003dedc832d2be25de30e

Weinert J., Ma Ch., Cherry Ch. (2007). *The transition to electric bikes in China: history and key reasons for rapid growth*. *Transportation*, Vol. 34, issue 3, p-p. 301 – 318. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-007-9118-8>

Woodcock J., Banister D., Edwards P., Prentice A., Roberts, I. (2007). *Energy and transport*. *The Lancet*, Vol. 370, p-p. 1078 – 1088. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673607612549>

1. Ingeniero Civil. PhD en Gestión Territorial e Infraestructuras del Transporte. Profesor Titular del Programa de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle, Bogotá D.C. Email: caurazan@unisalle.edu.co

2. Ingeniero Civil. Magíster en Ingeniería Industrial. Profesor Asociado del Programa de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle, Bogotá D.C. Email: velandiad@unisalle.edu.co

3. Ingeniero Civil. PhD. Director Maestría en Infraestructuras y Sistemas de Transporte. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: daescobarga@unal.edu.co

4. El Libro Blanco de la Movilidad Urbana Sustentable de América Latina, es parte de la Declaración de Lima suscrita por los representantes de las ciudades reunidas (*entre ellas Bogotá, Colombia*) en Lima el 8 de agosto del 2014 en la Primera Cumbre de Ciudades Líderes en Movilidad Sustentable de América Latina -MUSAL-.

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 54) Año 2017

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados