

Tiempos de accesibilidad vs semáforos y baches en la red BRT Transmilenio

Accessibility times Vs traffic lights and pavement failures in the BRT Transmilenio network

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

Recibido: 17/01/2017 • Aprobado: 10/02/2017

Contenido

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

RESUMEN:

La localización de los nodos o estaciones del BRT Transmilenio es el parámetro principal del que depende el tiempo medio de viaje para llegar a determinada estación desde las otras en la red, o para ir de esa estación a la demás, es decir, su accesibilidad media de viaje. Siendo así, las estaciones en la parte central de la red tienen menores tiempos, los cuales aumentan a medida que la estación se ubica a los extremos de las troncales.

Palabras clave accesibilidad, BRT TransMilenio, tiempo medio de viaje

ABSTRACT:

The location of the nodes or stations of the BRT Transmilenio is the main parameter on which depend the average travel time to reach one station from the others in the network, or start from that station to the other, that is, the average accessibility travel. Thus, the stations in the central part of the network have shorter times, which increase as the station is located at the ends of the trunks.

Key words Accessibility, BRT TransMilenio, average travel time

1. Introducción

El término accesibilidad suele tener diversas interpretaciones en torno al tema de transporte. Por un lado está el criterio de emplear el término "accesibilidad" asociado a la disposición de infraestructura que facilite el ingreso de las personas con discapacidad a las estaciones y vehículos, como es el caso de plataformas elevadoras para sillas de ruedas, o buses de piso bajo (Alcaldía de Medellín, 2010); al igual que estudios que reúnen los problemas y necesidades de la accesibilidad de las personas con discapacidad en los buses (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2006), que cita: "Un transporte será accesible cuando permita a las personas satisfacer sus necesidades y deseos de desplazamiento de forma autónoma. Para conseguirlo

será preciso que las estaciones o paradas tengan las características adecuadas que permitan el desplazamiento, no sólo para las personas usuarias de sillas de ruedas, sino también para todos discapacitados, tanto físicos como sensoriales”, o lo expuesto en Carreño (2015), entre muchas otras fuentes.

En un concepto más amplio, la accesibilidad se entiende como la organización del espacio que favorece el acceso a ciudadanos a bienes, servicios o personas (Borges y Scornik, 2005). En este caso se atañe una pérdida en la accesibilidad a una ineficiente infraestructura vial de acceso a determinada zona, a la congestión vehicular, y un deterioro en la oferta del transporte público. Entre esos aspectos, la condición de tráfico vehicular es uno de los aspectos que más afecta de manera negativa la accesibilidad, tal como lo definen Loyola y Albornoz (2009).

Otra aplicación del término lo liga a “un conjunto de condiciones que permiten a un individuo no sólo hacer uso de la oferta de transporte de un centro urbano específico bajo restricciones de presupuesto, sino las facilidades otorgadas gracias a estas condiciones para el acceso a los individuos a oportunidades y mejores condiciones de vida” (Oviedo y Bocarejo, 2011).

Pero otros usos de la palabra accesibilidad lo refieren más directamente a un tiempo de desplazamiento. Rodrigue (2017) define accesibilidad como la medida de la capacidad de un lugar para llegar a él, o para desde allí llegar a otro lugar. Siendo así, la capacidad y la disposición de la infraestructura resultan elementos fundamentales para determinar la accesibilidad de un sitio o locación. Por su parte, Herce (2009) plantea el índice de accesibilidad entre dos puntos o nodos como el inverso del tiempo o coste para el recorrido del total de arcos que conectan esos dos puntos, empleando el camino de recorrido más corto o de tiempos mínimos. También aclara que si esa accesibilidad es calculada para un solo punto o nodo de la red se hablará de accesibilidad simple; pero si se calcula combinando todos los nodos de la red, se hablará entonces de accesibilidad combinada o del indicador de centralidad.

Diversos estudios han empleado el cálculo de tiempos de accesibilidad media para establecer la mejor opción de intervención de infraestructura vial y/o de transporte, concentrándose en la alternativa que mejore la accesibilidad de una zona específica o a escala regional: Escobar (2008), Escobar y García (2011), Escobar, Cadena y Salas (2015), entre otros.

Ese tiempo incluye en algunos casos, especialmente de transporte público, el correspondiente al desplazamiento desde el punto de origen del viaje (p. ej. casa o trabajo) hasta el punto de la red o estación; así como el viaje desde la estación o paradero final del recorrido hasta el lugar preciso de destino del viaje (p. ej. casa o trabajo). Este criterio está ligado al concepto de cuenca de servicio (distancia o tiempo máximo a recorrer para acceder a una estación o nodo de transporte, que se considera válido o aceptable para poder afirmar que la zona o lugar en que se está, cuenta con cobertura de determinado sistema de transporte). Otro aspecto que se suele tener en cuenta para estimar los tiempos de viaje, es el tiempo de espera del servicio.

Lo anterior se aclara, debido a que los tiempos de viaje correspondientes a esta investigación sólo incluyen el lapso de desplazamiento de los buses articulados y biarticulados al transitar por las vías troncales de la red Transmilenio. Por tanto, no están involucrados los tiempos de desplazamiento por las cuencas de servicio de las estaciones, ni los tiempos de espera en estaciones. Los tiempos asociados fueron tomados entre la apertura de puertas en estaciones. Esto se debe a que el interés de los autores es establecer la accesibilidad media a partir de las condiciones de infraestructura del sistema vial, sin involucrar las complicaciones que actualmente generan demora en el servicio al usuario al interior de las distintas estaciones.

El presente trabajo expone el mapa de la red con los tiempos de accesibilidad (por rangos) asociados a las estaciones del sistema, y busca una explicación topológica de la distribución de valores. Cabe aclarar que los tiempos de accesibilidad se asociaron a las estaciones y no a la cobertura territorial de la red, por lo cual no se trata de un mapa de isócronas.

La importancia de estudiar la situación de los tiempos de accesibilidad media en una red de transporte masivo como es el BRT Transmilenio, radica en sus altos tiempos de viaje, pues en promedio resultan ser los más críticos de la ciudad (76 minutos aproximadamente), superando

los valores en la demás oferta de transporte público y opciones de transporte privado, tanto motorizado como no motorizado, cuya cifra media global es de 53 minutos incluyendo los desplazamientos de municipios vecinos (Secretaría Distrital de Movilidad, 2015). Se presume que las cifras anteriores incluyen las demoras por esperas y trasbordos. Aun así, es importante tomar medidas que contribuyan a la reducción de tiempos de viaje, en el caso de esta investigación: en la red troncal del BRT Transmilenio.

Si bien este estudio tiene la intención principal de dar a conocer las zonas que más requieren mejorar su accesibilidad, o tiempo medio de viaje desde y hacia ellas con el resto de la red; es importante que estudios posteriores evalúen si la aplicación de alternativas como la intervención semafórica o de intersecciones en el trazado de las troncales, resultan o no en cambios significativos de los tiempos de viaje.

2. Metodología

El análisis por matriz de accesibilidad, o de tiempos medios de viaje, requiere como información el tiempo de viaje a lo largo de toda la red; es decir, del desplazamiento entre cada uno de sus nodos. En este caso los nodos están representados por las estaciones troncales del sistema.

Una vez se tiene el tiempo de viaje entre todas las estaciones, se almacenan en una matriz de dimensiones igual al número de estaciones de Transmilenio. Luego, se suman los tiempos correspondientes a cada fila y a cada columna, teniendo así el tiempo medio que se tarda en viajar desde y hacia cada una de las estaciones de la red (cabe aclarar que los tiempos se miden en ambos sentidos de tránsito en cada troncal con el fin de evitar discrepancias significativas por efectos de mayor volumen en uno de ellos. Luego, los tiempos se promedian para unificar el dato en cada estación). Finalmente, la estación que registre el mayor tiempo será aquella con menor accesibilidad media en el sistema, y viceversa.

Los tiempos fueron tomados de dos maneras: por recorridos en campo en hora valle (Trujillo y Navarro, 2015) y en hora punta (Daza y Burgos, 2016); así como por datos obtenidos de la aplicación Google Transit para hora punta, también en día laboral (<https://www.google.com/maps/dir/>). Se tomaron 5 registros por cada método mencionado, respetando las condiciones de día laboral y horario en franja valle. Los tiempos fueron comparados. Finalmente, todos los tiempos fueron promediados. La operación de promediar los datos fue válida una vez que se comprobó que los datos tenían una desviación mínima entre ellos.

Como se busca trabajar con los tiempos mínimos de desplazamiento entre nodos o estaciones, se realizaron los viajes solo en el sistema denominado Ruta fácil, es decir, con detención en cada una de las estaciones del trayecto. Esto a su vez, agilizó la toma de información entre estaciones.

En el trabajo de campo la información fue tomada en días laborales utilizando únicamente las rutas denominadas Ruta Fácil; realizando así cincuenta (50) viajes, cinco (5) por cada una de las rutas, y cubriendo así todas las estaciones objetivo. La toma de datos en campo se hizo empleando un reloj digital para registrar el tiempo entre estaciones, siendo este el transcurrido entre la apertura de las puertas en cada par de estaciones. Finalmente el tiempo de accesibilidad media para cada estación fue el resultante de la media aritmética de los datos de campo y el obtenido por Google, como ya se mencionó.

Como información adicional en campo se tomaba nota de los siguientes aspectos en vía:

1. Daño en la carpeta de rodadura que obligara al conductor a reducir la velocidad de marcha. Este hecho era de fácil percepción por el anotador y se registraba como una ocurrencia y su ubicación aproximada respecto de la troncal y las vías de cruce cercanas (p.ej. Troncal Caracas con calle 47).
2. La presencia de semáforos. Este registro consiste en la anotación de la presencia de semáforos en el trayecto (y su respectiva ubicación aproximada), y si el bus se había detenido

por cuenta de la fase en luz roja.

Los datos anteriores (promedio de los resultados de: Urazán, Trujillo y Navarro, 2015; y de Urazán, Daza y Burgos, 2016) permitieron estudiar si los tiempos medios de viaje para las estaciones de sectores con mayor presencia de semáforos o de daños significativos en la carpeta se veían influenciados, repercutiendo por tanto en una accesibilidades relativamente baja en la red.

La matriz obtenida fue de [114 x 114], excluyendo las estaciones de la Troncal El Dorado, pues el sistema no permitía la conexión con las otras troncales mediante Ruta Fácil.

3. Resultados y Discusión

Teniendo en cuenta que la matriz se llena teniendo como lectura horizontal (filas) los viajes producidos por la respectiva estación hacia las demás de la red, y la lectura vertical (columnas) para los tiempos de viaje hacia la respectiva estación o nodos desde los demás; resultan tiempos diferentes para el total por viajes producidos que para el total de atraídos. Esto sucedió en cada estación. Pero las diferencias resultaron mínimas. El promedio de esas diferencias para el sistema resultó de tres minutos y cincuenta y ocho segundos [00:03:58]; tal como se dijo, diferencias que no son relevantes, permitiendo unificar tiempos de accesibilidad para cada estación en su valor medio.

Estaciones con los mayores y con los menores tiempos de accesibilidades media

Habiendo definido las matrices de tiempos de accesibilidad media, se organizaron los resultados de forma ascendente y se definieron cuatro rangos o grupos de tiempo, teniendo en cuenta que el menor tiempo registrado fue de [00:32:26] y el mayor fue de [01:05:47]:

1. Nodos con tiempos de accesibilidad entre 30 y 40 minutos
2. Nodos con tiempos de accesibilidad entre 40 y 50 minutos
3. Nodos con tiempos de accesibilidad entre 50 y 60 minutos
4. Nodos con tiempos de accesibilidad mayores a 60 minutos

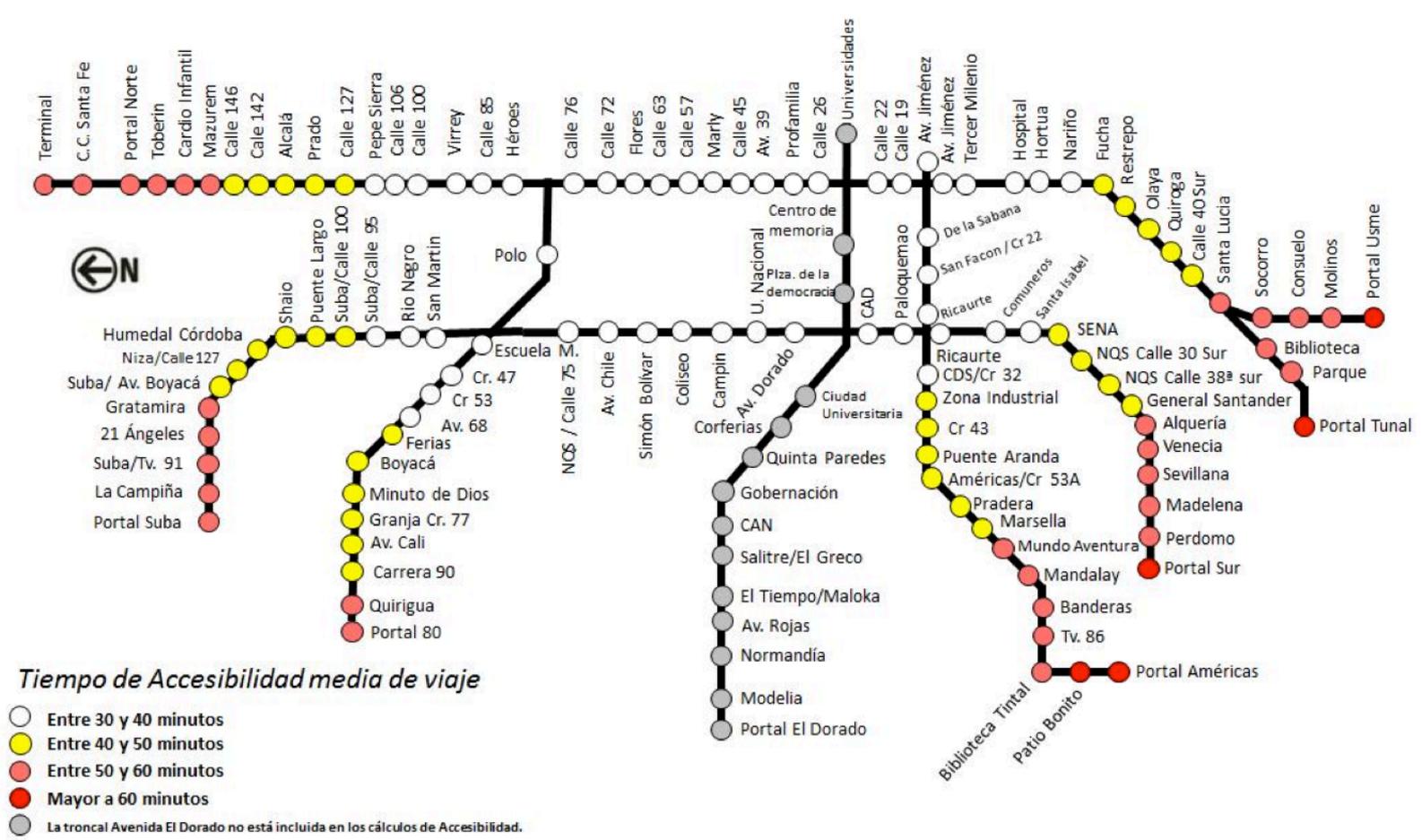
En síntesis, resultó que el 41% de las estaciones tuvo tiempos ente 30 y 40 minutos, otro 30% entre 40 y 50 minutos, otro 25% entre 50 y 60 minutos, y finalmente, el restante 4% tuvo tiempos mayores a los 60 minutos.

Como puede apreciarse en el mapa 1, la tendencia de las peores accesibilidades (mayores a 1 hora) se concentra en los portales ubicados la costado sur de la ciudad: Portal Américas, Portal Sur, Portal Tunal y Portal Usme. Las demás estaciones extremas o portales registraron tiempos entre los 50 y 60 minutos.

Al ir realizando un recorrido desde los portales hacia el centro o interior de las respectivas troncales, las siguientes estaciones muestran tiempos entre los 50 y 60 minutos (aproximadamente entre 4 o 5 estaciones según la troncal, excepto la Troncal 80 donde solo 1 estación antes del portal está en ese rango de accesibilidad).

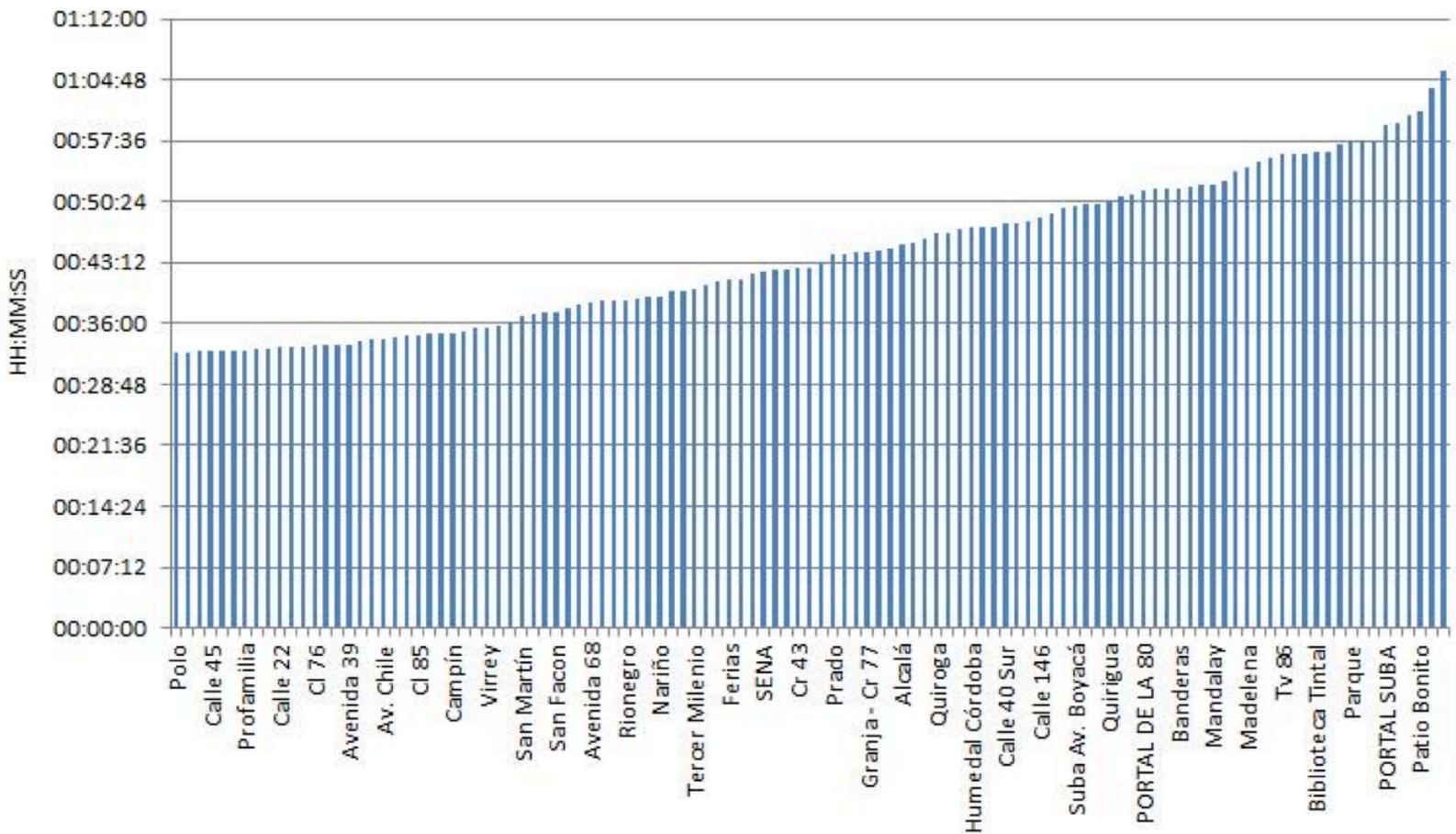
Continuando el recorrido por cada troncal hacia el centro de la red, continúan las estaciones con tiempos de accesibilidad media entre 40 y 50 minutos. La tendencia es que este número de estaciones está entre 4 y 6. A partir de la última de esas estaciones (entre 40 y 50 minutos) todas las demás registran tiempos con las mejores accesibilidades, es decir, entre 30 y 40 minutos.

Como se muestra en la Figura 1 y en los párrafos anteriores, la condición de accesibilidad es dependiente de la condición de centralidad del nodo en la red, es decir, a medida que la estación se encuentra más a los extremos de la troncal, el tiempo de accesibilidad media aumenta. En la Figura 2 se observa el tiempo de accesibilidad media por cada estación.



Fuente: Elaboración de los autores.

Figura 2. Tiempo de accesibilidad media por estaciones.



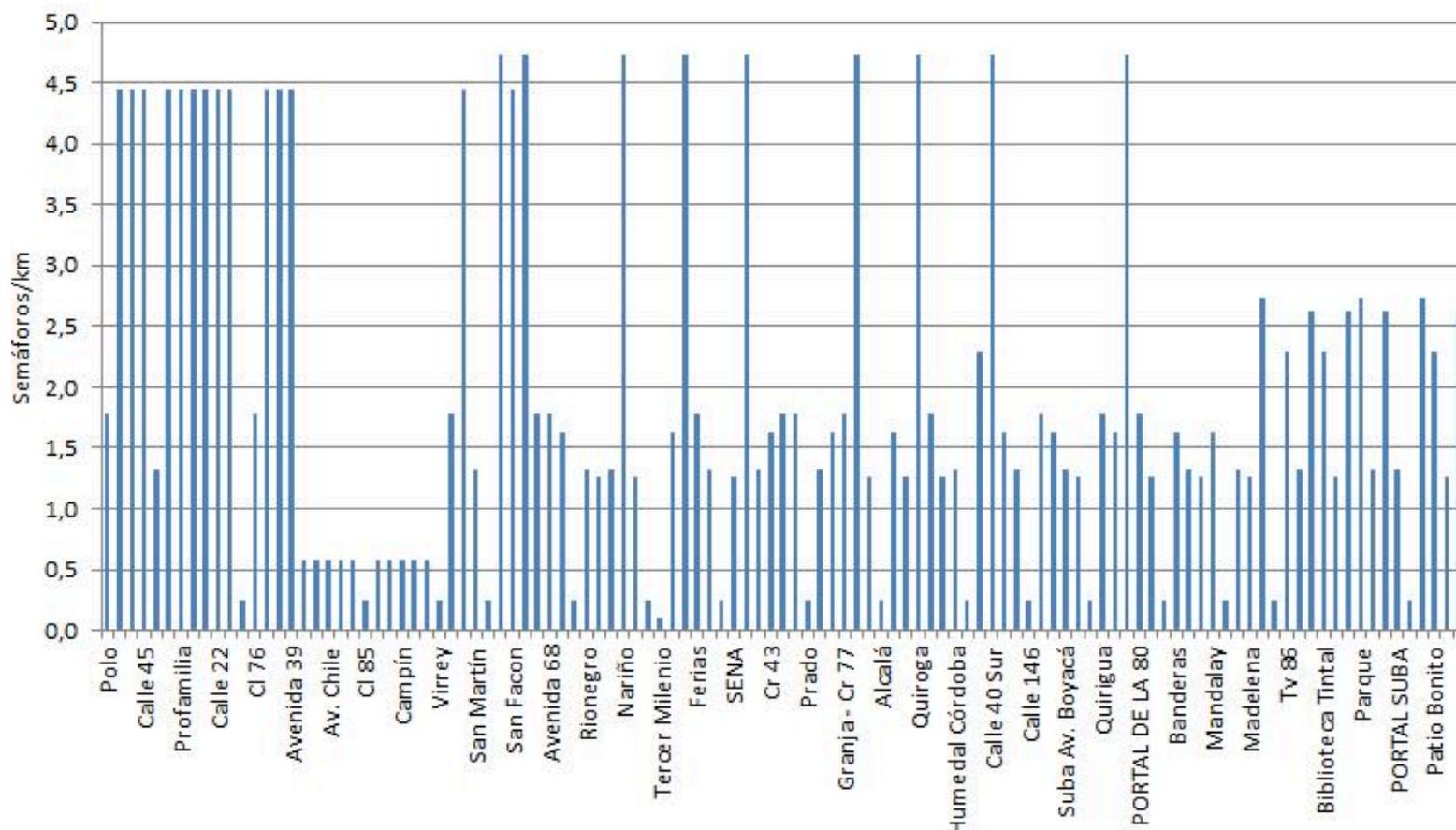
Fuente: Elaboración de los autores.

Posteriormente, se analizó la condición del número de baches presentes en la carpeta de rodadura y el número de semáforos que corresponden a cada estación. Para ello, se asignó un umbral de longitud de troncal a cada estación a partir de los puntos medios entre una estación y su(s) estación(es) contigua(s). Los semáforos y baches asignados son los encontrados en el

respectivo umbral o franja.

Si bien es cierto que la influencia de los semáforos en los tiempos de viaje depende de la condición de fila y de fase semafórica que encuentre cada bus en cada uno de sus recorridos, se trabajó bajo la hipótesis de que la probabilidad de que el bus aumente su tiempo de viaje por cuenta de los semáforos es de un 50%, esto depende de si lo encuentra en fase roja, o verde. Siendo así, y dando igual probabilidad a todos los semáforos, se esperaría que el factor que impacta el tiempo de viaje sea el número de unidades semafóricas en el entorno de la estación, para lo cual se estableció un indicador de densidad semafórica cuyas unidades son #semáforos/km, asociado a cada estación (Ver Figura 3).

Figura 3. Densidad semafórica por estaciones (#semáforos/km).



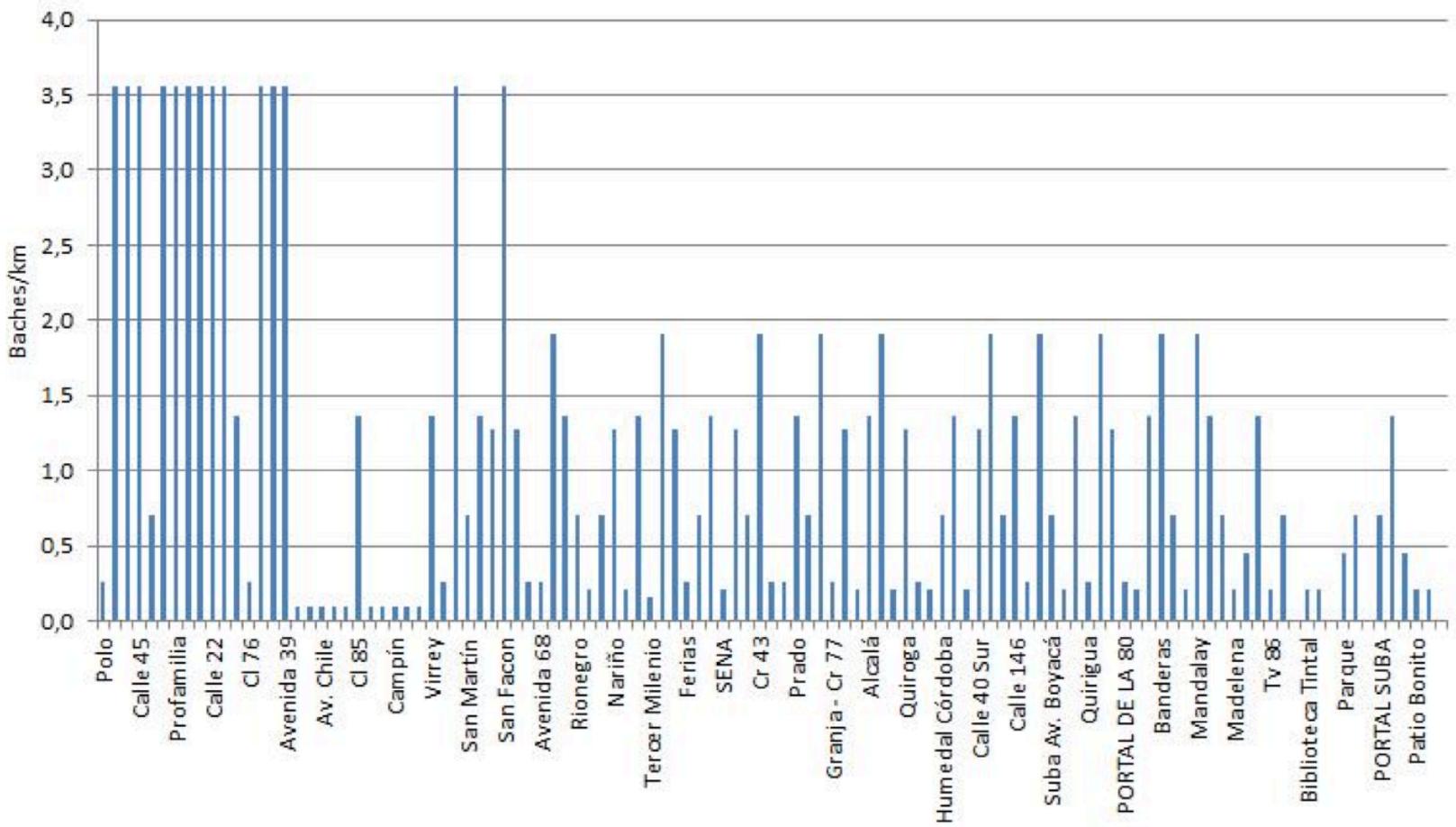
Fuente: Elaboración de los autores.

Por tanto, se espera que los tiempos de viaje entre estaciones en una troncal como la Caracas (con un espaciamiento relativamente corto entre semáforos. Hay secciones en que la separación promedio los 110m) sean mayores que en una troncal como la NQS en su trazado por la Carrera 30 y la Autopista Norte (sin presencia de unidades semafóricas).

3.1. Análisis del aumento de tiempo por semáforos y baches

Al comparar las Figuras 2 y 3 (en los cuales se ha conservado el orden de las estaciones en las abscisas), queda claro que no puede establecerse una relación entre el orden de accesibilidad y la presencia de semáforos en cercanía de una determinada estación. De la misma manera, al comparar las Figuras 2 y 4 (también se ha conservado el orden de las estaciones en las abscisas), tampoco se puede concluir una relación entre el tiempo de accesibilidad media y la presencia de baches en inmediaciones de las estaciones, bajo la presunción de que el último indicador modifique sustancialmente los tiempos de viaje en determinada troncal.

Figura 4. Densidad de baches por estaciones (#baches/km).

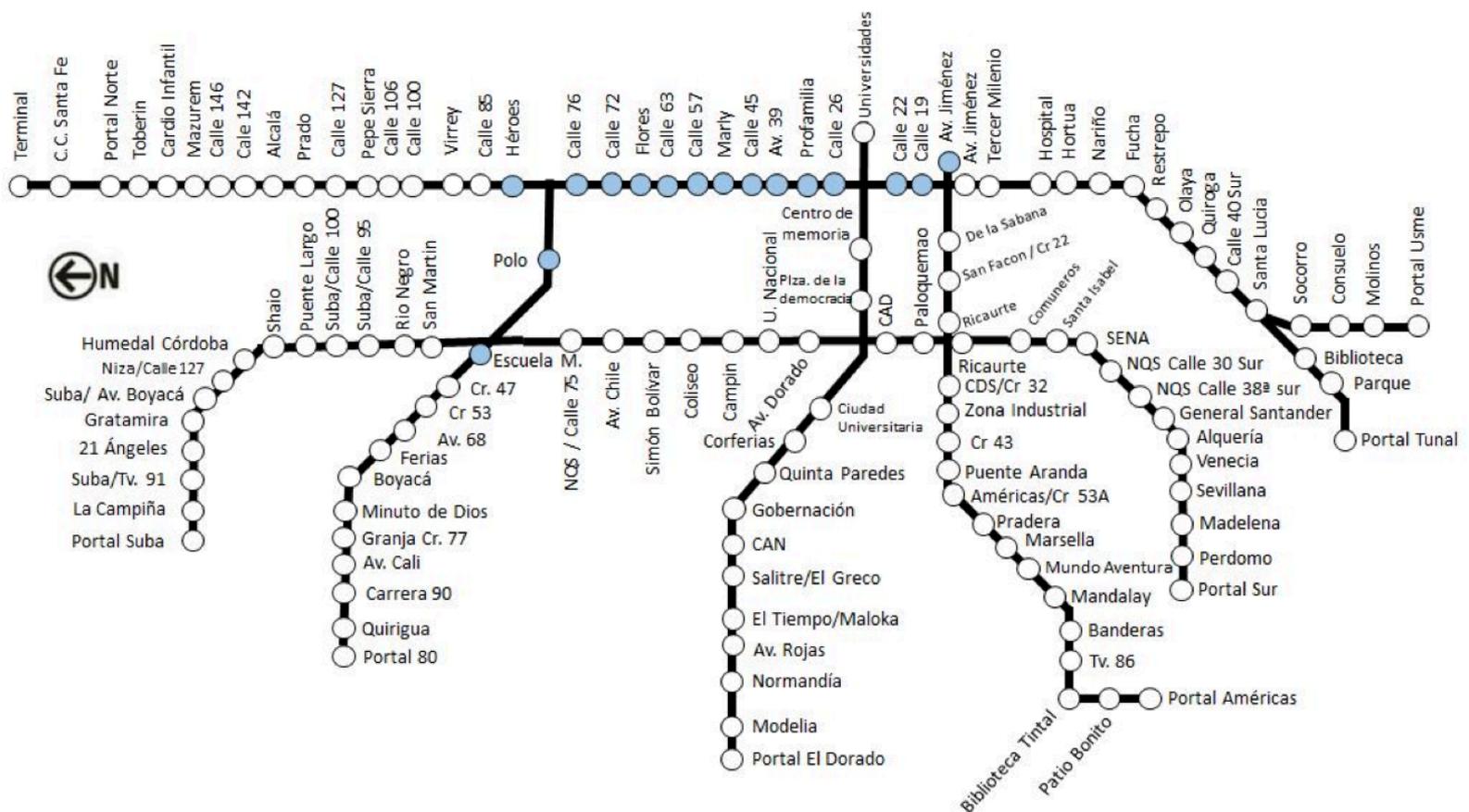


Fuente: Elaboración de los autores.

A pesar de no encontrarse relación entre los tiempos de accesibilidad y la probabilidad de mayores demoras en los sectores con mayor presencia de semáforos y baches que impacten la velocidad de marcha de los buses; al analizar las Figuras 2, 3 y 4, también es claro que hay una importante concentración de semáforos y baches por kilómetro entre las estaciones Polo y Avenida 39, coincidiendo con las estaciones de menor tiempo o mejor accesibilidad.

Si se hace lectura de la Figura 5, esas estaciones se concentran en la parte central de la red (nodos color azul). Lo anterior implica que la localización de los nodos en la red prima sobre el impacto negativo que puedan tener algunos factores sobre los tiempos de desplazamiento.

Figura 5. Sector con mejor tiempo de accesibilidad y con concentración de alto número de semáforos y baches.



4. Conclusiones

La condición de accesibilidad media de viaje de la red troncal del BRT Transmilenio se relaciona para cada estación en función de su localización respecto al centro de la red. Siendo así, las estaciones con mejor accesibilidad (menor tiempo de viaje para llegar a ella desde las demás, o para llegar a las otras estaciones desde la estación referida), están ubicadas en la troncal Caracas y en la troncal Avenida Carrera 30, con tiempos medios menores a 40 minutos. Al irse alejando de esas estaciones en dirección a los extremos o a las estaciones Portal (fin de línea) hay en promedio entre 4 y 6 estaciones cuyos tiempos de accesibilidad están en el umbral de 40 a 50 minutos. Luego, la tendencia es que otras 4 o 5 estaciones más adelante, los tiempos de accesibilidad aumentan al rango entre 50 y 60 minutos. Finalmente, hay estaciones en los extremos de algunas troncales al sur de la ciudad en que la accesibilidad se eleva a tiempos que superan los 60 minutos; esto último amparado en una mayor demanda del servicio, aumentando la oferta del mismo e impactando la velocidad de operación.

De otro lado, factores que aumentan el tiempo de viaje en las troncales, como son: la presencia de semáforos y de baches con severidad significativa; no presentan relación con el comportamiento creciente o decreciente de la accesibilidad al comparar las distintas estaciones. No obstante, la ubicación de las estaciones prima claramente sobre parámetros como los mencionados en la medida que las estaciones alrededor de las cuales se presenta un importante número de semáforos y baches, resultan tener muy buen tiempo de accesibilidad, y se ubican mayoritariamente en el sector con mayor flujo de la red: la troncal Caracas, y en sus inmediaciones (Héroes, Calle 76, Calle 72, Flores, Calle 63, Calle 57, Marly, Calle 45, Av. 39, Profamilia, Calle 26, Calle 22, Calle 19, Av. Jiménez, Polo y Escuela Militar).

Lo anterior permite concluir que el hecho de lograr reducir los tiempos de desplazamiento en las troncales al eliminar las detenciones o las reducciones de velocidad ocasionadas por intersecciones semaforizadas o por la presencia de baches con severidad significativa; no afecta notablemente el tiempo de accesibilidad media como para generar mejoras que superen en promedio un rango de 10 minutos. Por tanto, para lograr mejorar el indicador de accesibilidad en las estaciones extremas con tiempos superiores a los 60 minutos, ha de pensarse en soluciones de gran impacto en los tiempos de recorrido como podría ser la conformación de una troncal de cierre por el costado occidental de la ciudad que una los extremos norte y sur con velocidad de operación superior a las de las troncales de mayor demanda en la actualidad.

Referencias bibliográficas

- Bogotá D.C. Secretaría Distrital de Movilidad (2015). Encuesta de movilidad 2015. Pág. 53.
- BORGES, J., y SCORNIK, C. (2005). Accesibilidad y transporte en el área Metropolitana del gran Resistencia. Universidad Nacional del Nordeste. Instituto de Planeamiento Urbano Regional. Resistencia, Chaco, Argentina, 4 p. Recuperado de:
<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-035.pdf>
- CARREÑO, A. (2015). Acceso al transporte público para personas con discapacidad en Bogotá: caso SITP. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., 88 p. Recuperado de:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/49986/1/1098654844.2015.pdf>
- DAZA, D., y BURGOS J. (2016). Matriz de accesibilidad en tiempos del sistema BRT Transmilenio para ruta fácil en hora punta. Universidad de La Salle, Bogotá D.C. 55 p.
- ESCOBAR, D. A. (2008). Indicadores de accesibilidad del transporte público, diagnóstico de partida hacia una ciudad sostenible. Aplicación en la ciudad de Manizales (Colombia).
- ESCOBAR, A., CADENA, C., y SALAS, A. (2015). Cobertura geoespacial de nodos de actividad primaria. Análisis de los aportes de a la sostenibilidad urbana mediante un estudio de accesibilidad territorial. Revista EIA. Vol. 12, Año 2015, Número 23, Pág. 13-27.

ESCOBAR, A., y GARCÍA, J. (2011). Impacto de los sistemas de transporte tipo cable sobre la movilidad urbana en términos de accesibilidad territorial: caso Manizales (Colombia). Acta XV Chileno de Ingeniería de Transporte.

España. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2006). La accesibilidad del transporte en autobús: Diagnóstico y soluciones. Recuperado de:
<http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0528801.pdf>

HERCE, M. (2009). Sobre la movilidad en la ciudad. Barcelona: Reverté.

LOYOLA, C., y ALBORNOZ, E. (2009). Flujo, movilidad y niveles de accesibilidad en el centro de Chillan año 2007. Propuesta de mejoramiento mediante SIG. Revista Urbano, Vol. 12, año 2009, Número 19, Pág. 17-27.

Medellín. Secretaría de Transportes y Tránsito. (2010). Accesibilidad en el transporte público colectivo. Recuperado de: http://www.keroul.qc.ca/DATA/PRATIQUEDOCUMENT/211_fr.pdf

OVIDO, D., y BOCAREJO, J. (2011). Desarrollo de una metodología de estimación de la accesibilidad como herramienta de evaluación de políticas de transporte e países en desarrollo: estudio de caso de la ciudad de Bogotá. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes, Año 2011, Número 35, Pág. 27-33.

RODRIGUEZ, J. (2017). The geography of transport systems. 4th edition. New York: Routledge.

TRUJILLO, C., y NAVARRO, J. (2015). Matriz de accesibilidad por tiempos del sistema BRT Transmilenio para ruta fácil en hora valle. Universidad de La Salle, Bogotá D.C. 81 p.

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. 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

3. PhD en Proyectos. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: jatamayoar@unal.edu.co

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 31) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados