

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESERVA DE PLATAFORMA EN LAS OPERACIONES DE UN SISTEMA DE AUTOBÚS

Miguel Ángel Vázquez Varela

Universidade da Coruña, Grupo de Ferrocarriles y Transportes, ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España

Alfonso Orro Arcay

Universidade da Coruña, Grupo de Ferrocarriles y Transportes, ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España

Margarita Novales Ordax

Universidade da Coruña, Grupo de Ferrocarriles y Transportes, ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España

José B. Pérez-López

Universidade da Coruña, Grupo de Ferrocarriles y Transportes, Facultad de Economía y Empresa, España

Miguel Rodríguez Bugarín

Universidade da Coruña, Grupo de Ferrocarriles y Transportes, ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España

RESUMEN

La reducción del tiempo de viaje en transporte público y la mejora de su fiabilidad constituyen elementos fundamentales para la captación de usuarios no cautivos. Para alcanzar estos objetivos en sistemas de transporte público en superficie, especialmente en situaciones de frecuente congestión, una estrategia adecuada es la reserva de plataforma. Sin embargo, estas reservas se encuentran en ocasiones con una fuerte contestación por parte de la opinión pública, especialmente por los perjuicios inmediatos que se provocan a algunos ciudadanos, debido fundamentalmente a la reducción de espacio para la circulación y estacionamiento del vehículo privado. Por ello, los técnicos deben aportar cuantificaciones lo más precisas posible de los beneficios de la plataforma reservada para el sistema de transporte público y sus usuarios.

El objetivo del trabajo que se expondrá en esta ponencia es avanzar en la cuantificación de la influencia de la existencia de un carril bus en algunas variables de operación del sistema. Se analizan las variaciones en los tiempos de viaje o en la propia variabilidad del tiempo de recorrido entre situaciones con carril bus y situaciones de referencia en plataforma compartida.

Como caso de estudio se presenta el carril bus en la ciudad de A Coruña, que se implantó en el año 2008 y se retiró finalizando el año 2011, siendo sustituido por una vía prioritaria vigilada con priorización semafórica y control del aparcamiento indebido. A partir del análisis estadístico de la información recogida en la base de datos del Sistema de Ayuda a la Explotación, se analizan los tiempos de viaje y su variabilidad en tres años de comparación. Se realiza un estudio desde una perspectiva temporal, durante y después del periodo en el que funcionó la reserva de plataforma, y desde una perspectiva transversal, comparando con la situación en otras líneas o tramos que no empleaban el carril bus. Se ha obtenido que el tiempo medio de recorrido tras retirar el carril bus aumentó en un 14% y el coeficiente de variación aumentó en un 46%. Para el caso de estudio, los viajes con una duración mayor de 6 minutos pasaron del 3,57% al 18,67%. La influencia de la reserva se cuantifica tanto para días hábiles como no hábiles. Los tramos de contraste no han mostrado variaciones relevantes en las variables analizadas en el mismo periodo.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los pilares para alcanzar una movilidad sostenible en las áreas urbanas y metropolitanas es el fomento de la utilización del transporte público. En conjunción con otras medidas, esta utilización es uno de los instrumentos relevantes para alcanzar los objetivos establecidos en el acuerdo de París. Dentro del transporte público, el autobús convencional juega un papel fundamental en la movilidad de las ciudades pequeñas y medianas, así como en ciertas relaciones de baja demanda en grandes áreas metropolitanas. Los sistemas BRT y BHLS pueden prestar servicios de capacidad alta o media en estos contextos mediante la implantación de medidas específicas de reserva de plataforma y explotación. Aumentar el atractivo del autobús, especialmente para captar a los viajeros no cautivos, constituye por tanto una medida deseable dentro de la política de transporte.

Los sistemas de autobuses en plataforma compartida tienen el inconveniente de que sufren los efectos de la congestión del tráfico, lo que repercute en los tiempos de viaje en esas situaciones y en la fiabilidad del cumplimiento de horarios. Esta incertidumbre supone un inconveniente añadido para el viajero, especialmente en los viajes pendulares al trabajo o estudios, dado que tiene que adelantar su salida para aumentar la probabilidad de llegar puntualmente a su destino.

Con el fin de promover el uso de los sistemas de autobuses, mejorando sus tiempos de viaje, comodidad de uso, visibilidad y fiabilidad, la reserva de plataforma es una de las medidas fundamentales. Estas reservas abarcan desde simples carriles de uso reservado señalizados con pintura, con potenciales problemas de respeto, hasta separaciones físicas de una parte de la calzada reservada al transporte público, en ocasiones compartida con otros usuarios como taxis o bicicletas.

Estas reservas de plataforma suponen en general la disminución de espacios para el aparcamiento y para la circulación del tráfico general. Por este motivo, es frecuente que sufran una contestación importante por parte de algunos colectivos. Se considera relevante disponer de medidas empíricas que permitan cuantificar los beneficios para la operación de los autobuses que supone una reserva de plataforma. Una herramienta adecuada para este fin es el empleo de datos de funcionamiento de las operaciones en presencia y en ausencia de una reserva de plataforma.

En la presente ponencia se analiza la influencia en los tiempos de viaje del autobús y en su variabilidad de un caso de estudio singular, dado que se refiere a la retirada de una plataforma reservada existente en la ciudad de A Coruña. En el segundo apartado se revisa el estado del conocimiento, en el apartado 3 se presenta el caso de estudio, en el apartado 4 se expone la metodología empleada y se analizan los resultados obtenidos. Se finaliza con unas conclusiones y unas líneas abiertas de trabajo.

2. EFECTOS DE LAS PLATAFORMAS RESERVADAS EN LAS OPERACIONES

Diversos estudios han puesto de manifiesto que la fiabilidad del servicio, el tiempo de viaje en el vehículo y el tiempo de espera (condicionado por la frecuencia del servicio y también por el cumplimiento de los horarios programados) están entre los factores que los usuarios valoran en el momento de elegir un sistema de transporte público frente al vehículo privado. Para una revisión de la literatura acerca de los atributos de calidad que atraen a los usuarios del coche puede consultarse Redman et al. (2013).

En lo relativo a la influencia de la plataforma reservada en el tiempo de recorrido y en la fiabilidad, existen diversos análisis estadísticos de esta influencia. Tanaboriboon y Toonim (1983) analizaron el impacto de diferentes carriles para autobús en Bangkok, con longitudes entre 1,2 y 6,3 km y tiempos de recorrido entre 5 y 15 minutos. Los análisis se llevaron a cabo con medidas manuales en las horas punta de mañana y tarde. Sus resultados muestran un rango de variación amplio, con reducciones del tiempo medio de viaje entre 0,7% y 23% según corredor, sentido y horario.

Arasan y Vedagiri (2010) analizaron mediante microsimulación un carril reservado de 10 km, sin interferencia del tráfico general en las intersecciones ni prioridad semafórica. Obtuvieron como resultado una reducción del tiempo de recorrido de los autobuses de alrededor de un 15% en condiciones de nivel de servicio C, lo que es equivalente en ese caso a un aumento del 17,8% sin plataforma reservada. Para el nivel de tráfico correspondiente a la capacidad de la infraestructura, la reducción obtenida fue del entorno del 70%. Es evidente que la plataforma reservada no va a tener efecto en ausencia de tráfico.

Surprenant-Legault y El-Geneidy (2011) estudiaron el impacto de añadir un carril reservado para autobuses en dos rutas paralelas en Montreal. Analizando un tramo de 6,82 km con

carril bus obtuvieron que la inclusión de la reserva de plataforma supuso un ahorro entre el 1,3% y el 2,2% en el tiempo de recorrido total según la dirección. Llamativamente, los coeficientes de variación del tiempo de recorrido total aumentaron en una de las direcciones de viaje para las dos rutas tras la implementación de la reserva de plataforma, mientras que disminuyeron en dirección contraria, lo que atribuyen a las circunstancias del caso. Como señalan estos autores, un coeficiente de variación bajo facilita la programación de horarios e incrementa la fiabilidad y el cumplimiento de horarios. El estudio posterior de Diab y El-Geneidy (2013) incide en modelizar la influencia de los diferentes factores y medidas tanto en los tiempos de viaje como en su variabilidad. Este nuevo estudio obtiene que el carril exclusivo supone un 2,7% de ahorro en el tiempo de viaje y una reducción del 4,3% en la desviación respecto a la programación, pero un 0,5% más de varianza del tiempo de viaje, que atribuyen a las colas de vehículos delante del autobús en los giros.

3. CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio corresponde a la red de autobuses de la ciudad de A Coruña. La red está explotada por la Compañía de Tranvías de La Coruña (CTC), operador privado histórico constituido en 1901 que opera el transporte urbano de la ciudad desde 1903 (Martínez y Piñeiro, 1997). La red está constituida por 23 líneas diurnas y una nocturna. En el año 2019 transportó 23.003.516 viajeros, con un incremento de 5,08% respecto a 2018 (Compañía de Tranvías de La Coruña, 2020). En 2020, como consecuencia de la pandemia, la cifra de viajeros descendió un 40,8% hasta los 13.623.457 (Compañía de Tranvías de La Coruña, 2021). Puede encontrarse un análisis del efecto de la pandemia en esta red en Orro et al. (2020).

Es habitual que la implantación de una reserva de plataforma venga acompañada de cierta reordenación de las líneas, así como de medidas complementarias de apoyo a la circulación de los autobuses. El objeto de este análisis es el carril bus que se implantó en la ciudad en el año 2008. Tras decidirse su eliminación, los separadores físicos se retiraron a mediados de diciembre del año 2011, lo que constituye una circunstancia poco frecuente en los últimos años. Esta retirada permite estudiar el funcionamiento de las líneas durante la existencia de la reserva de plataforma y en el periodo posterior a su retirada, en el que durante cierto tiempo se mantuvo la misma configuración de las líneas.

Debe señalarse que una vez retirado el carril bus se estableció en el tramo afectado lo que se denominó una “Vía prioritaria vigilada” (VPV), en la que se estableció un especial control de los estacionamientos indebidos, así como un sistema de priorización semafórica del transporte público (Villas, 2012). Este sistema de priorización semafórica se activaba para aquellos autobuses que estuviesen retrasados. Sin embargo, la reducida distancia entre intersecciones y el número de paradas no permiten esperar una gran eficiencia de este sistema, especialmente en situaciones de tráfico congestionado. El proceso de implantación

se realiza desde diciembre de 2011 hasta mediados de marzo de 2012 en que entran en funcionamiento las cámaras de vigilancia.

La comparación se va a establecer por tanto entre una reserva de plataforma y una situación posterior de calle con especial atención a la fluidez del tráfico. Se van a tomar como referencias temporales tres años. El primero es el año 2010, con el carril bus en pleno funcionamiento, como valor correspondiente a la reserva de plataforma. El segundo es el año 2012, una vez culminada la retirada del carril bus y año en el que se implanta la VPV. Como tercera referencia temporal se incluirán datos del año 2014, donde es previsible una cierta relajación en la supervisión de la VPV.

El carril bus constaba de varios tramos. Se ha seleccionado como tramo objeto de estudio el comprendido entre las paradas 194 y 197 de la red, correspondiente al trayecto por la calle Federico Tapia y posteriores, en el centro de la ciudad, en el que posteriormente se implantó la VPV incluyendo la priorización semafórica. Las líneas que transcurrieron por el tramo en algún momento del periodo de estudio fueron 4, 6, 6A, 11, 21, 23, 24 y UDC (línea especial a la Universidad de elevada frecuencia y utilización en periodo lectivo). La longitud del tramo es de 945 m con distancias entre paradas de 351 m, 300 m y 294 m. Existen 6 intersecciones semaforizadas en el tramo.

La calle es de dirección única, el carril bus estaba ubicado a la derecha de la sección y separado del carril de circulación mediante un separador físico de tipo “aletas de tiburón”. En la mayor parte del tramo la sección con carril bus incluía un carril de circulación y una línea de aparcamiento en la margen izquierda de la calzada. El carril bus podía ser empleado por los taxis, las motocicletas y las bicicletas. En la situación con VPV se disponía de dos carriles de circulación y aparcamiento a ambos lados de la calzada. Ambas situaciones pueden observarse en la Figura 1, en la que se pueden observar las marcas viales de color naranja que denotan la VPV.

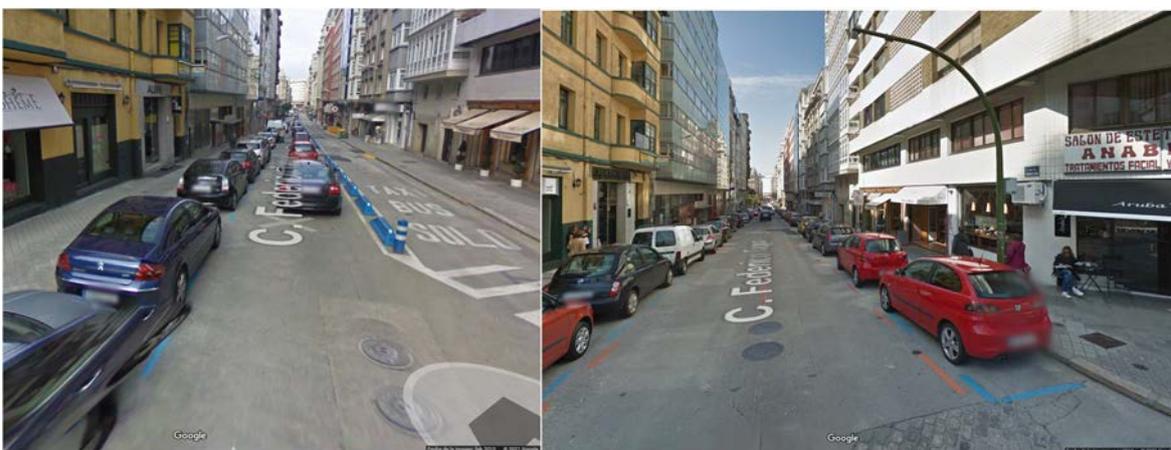


Figura 1: Sección de la calle Federico Tapia con carril bus (2010) y con la VPV (2012)

Con el fin de aislar en lo posible la influencia de la eliminación de la reserva de plataforma de otros efectos provocados por las variaciones de demanda a lo largo del tiempo, se han seleccionado dos tramos de contraste en otras ubicaciones de la ciudad. Los criterios de selección para estos tramos de contraste fueron que tuviesen una configuración viaria, una longitud, una demanda de los servicios de autobús y una distancia entre paradas similar al tramo de Federico Tapia. El primero de los tramos de contraste corresponde a la Avenida Salvador de Madariaga (paradas 380 a 383) y el segundo a la Avenida de Oza (paradas 29 a 32). En la Figura 2 se puede observar la ubicación de los tramos dentro de la ciudad, así como las paradas y la distancia entre ellas en el tramo de Federico Tapia.



Figura 2: Ubicación de los tramos de estudio y detalle del tramo de Federico Tapia

4. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

4.1 Metodología

La fuente fundamental de información para el desarrollo del análisis es la base de datos del Sistema de Ayuda a la Explotación de la CTC. Se han realizado las consultas correspondientes para obtener los instantes de paso por cada una de las paradas de los tramos objeto de estudio de todas las expediciones que realizaron esos trayectos en los periodos estudiados. Se ha recopilado también la información del número de viajeros que subieron en cada parada, que serán empleados en desarrollos posteriores. Se ha realizado el proceso de curación de los datos para eliminar registros erróneos y un preproceso de la información para estructurarla adecuadamente poder realizar los análisis de tiempo de recorrido.

Tras los análisis de consistencia de los datos se ha decidido eliminar el periodo comprendido entre octubre y diciembre de 2012 en todos los tramos, debido a que en la Avenida Salvador de Madariaga se realizaron obras que mantuvieron las paradas sin servicio.

Una vez depurados los datos se dispone de una muestra total para el tramo de estudio de 47.863 expediciones en 2010, 46.591 expediciones en 2012 y 45.611 expediciones en 2014. A efectos de análisis se emplearán tanto los datos generales como separados por días hábiles y no hábiles.

4.2 Tiempo de recorrido en el tramo con plataforma reservada

En la Tabla 1 se muestra la estadística descriptiva de la distribución de los tiempos de recorrido en el tramo en el que estuvo funcionando el carril bus. Los datos de 2010 corresponden a la situación con plataforma reservada, mientras que los datos de 2012 y 2014 corresponden a la situación sin reserva de plataforma y con VPV.

Como se ha señalado, la finalidad habitual de establecer una reserva de plataforma es evitar el efecto de la congestión en el transporte público. A lo largo de la semana, lo habitual es que las horas con congestión significativa se concentren en determinados horarios, generalmente en días hábiles. Por este motivo, la presencia de una reserva de plataforma va a reducir principalmente los viajes con tiempos de recorrido elevados. Es fundamental para el análisis representar la distribución de los tiempos de viaje. Para ello, en la Figura 3 se muestran los histogramas de los tiempos de recorrido y las estimaciones de densidad *kernel*, además de la media y la mediana en cada uno de los años.

Año	General			Días hábiles			Días no hábiles		
	2010	2012	2014	2010	2012	2014	2010	2012	2014
Media	265.54	293.62	302.67	273.08	308.38	316.16	241.93	248.66	258.93
Mediana	260	278	288	264	303	306	240	244	250
Moda	260	250	250	260	250	258	240	242	242
Min.	93	98	96	93	110	108	96	98	96
1^{er}Q	236	243	250	244	250	261	210	214	220
3^{er}Q	298	336	344	308	344	356	268	275	290
Máx.	1659	2432	1479	1659	2432	1479	885	1884	1466
SD	54.36	87.51	85.82	53.53	87.23	84.85	49.99	71.58	73.47
CV	0.205	0.298	0.284	0.196	0.283	0.268	0.207	0.288	0.284
n	47863	46591	45611	36282	35076	34856	11581	11515	10755
sesgo	1.63	3.25	1.85	1.80	3.25	1.64	1.59	5.38	3.90
curtosis	21.95	41.46	10.71	27.34	43.30	8.43	13.15	82.84	39.48

Tabla 1: Parámetros de centralidad y dispersión de la variable tiempo de recorrido en el tramo de la calle Federico Tapia (paradas 194 a 197)

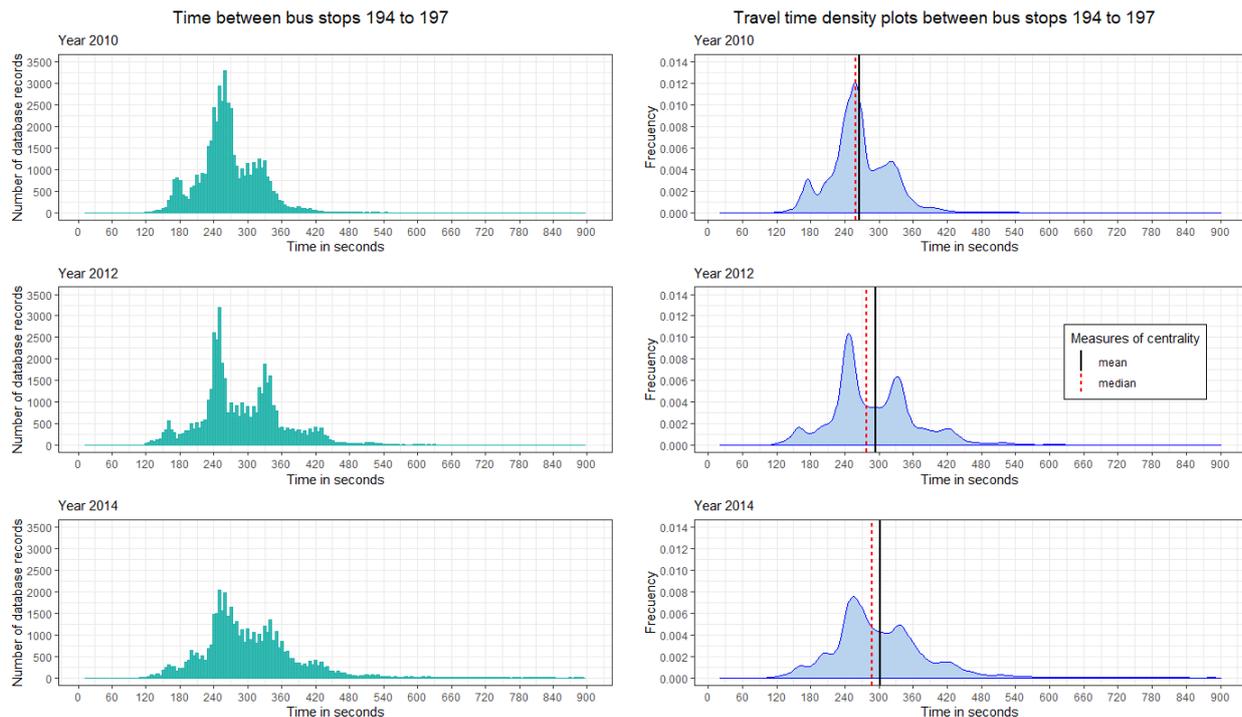


Figura 3: Histograma y estimador de densidad *kernel* del tiempo de recorrido en todos los días de la semana en el tramo de la calle Federico Tapia (paradas 194 a 197)

Como se puede observar, mientras funcionó la plataforma reservada, la media y la mediana de la distribución de los tiempos de recorrido son inferiores a la situación una vez que se elimina el carril bus. Los 945 m del tramo se recorren en las condiciones más rápidas en 93 segundos, pero los tiempos medios en el año estudiado con funcionamiento del carril bus fueron de 265,54 segundos.

El tiempo medio de recorrido del tramo aumentó entre 2010 (con carril bus) y 2012 (con la VPV recién implantada) en 28,08 segundos, con notables variaciones entre los días hábiles (35,3 segundos) y los días no hábiles (6,73), lo que es un resultado esperable al existir menor congestión en esos días. Si se compara la situación con carril bus en 2010 con la situación en 2014, donde es posible que el grado de supervisión de la VPV se haya reducido, el incremento medio del tiempo de viaje en el tramo es de 37,13 segundos (43,08 s en días hábiles y 17 s en días no hábiles). Si se evalúa en términos porcentuales, el tiempo medio de recorrido en general aumentó un 14,0% entre 2010 y 2014, valor que sube a 15,8% en días hábiles frente a un 7,0% en días no hábiles. En estas variaciones pueden influir otros factores, como podría ser una variación global del tráfico o de la demanda del autobús. El estudio de tramos de contraste presentado en el apartado 4.3 permite descartar cambios importantes debidos a la evolución temporal.

Como puede comprobarse, los valores obtenidos están en consonancia con los presentados en la revisión de la literatura por Tanaboriboon y Toonim (1983) y por Arasan y Vedagiri (2010), mencionados anteriormente, mientras que el efecto del carril bus es mucho más

relevante que en el caso estudiado en Surprenant-Legault y El-Geneidy (2011) y Diab y El-Geneidy (2013).

Cuantificando la variabilidad involucrada, se observa cómo el coeficiente de variación general aumenta desde 0,205 en 2010 a valores de 0,298 y 0,284 en 2012 y 2014 respectivamente, lo que permite cuantificar el aumento de la variabilidad del tiempo de recorrido entre un 39% y un 46% de su valor, con porcentajes de incremento similares en días hábiles y no hábiles. Resulta de interés el análisis detallado de las distribuciones de los tiempos de viaje. Como puede observarse, la distribución es multimodal, observándose con claridad en algunos de los periodos dos modas y con otras de menor magnitud. La separación entre estas modas sugiere que pueden estar asociadas a los ciclos semafóricos. Debe tenerse en cuenta que, en situaciones de congestión sin reserva de plataforma, las colas en los semáforos y su tiempo de disipación pueden provocar que todos los autobuses tengan que sufrir un retraso aun cuando en flujo libre hubiesen encontrado el semáforo abierto. En ocasiones puede ser insuficiente la capacidad de la fase verde del semáforo para eliminar toda la cola y debe esperar un ciclo adicional. Como se ha mencionado, existen dudas sobre la efectividad de la priorización semafórica con la configuración de la zona.

En la situación con plataforma reservada, la mayor parte de los viajes se concentran en el entorno del tiempo medio y de la mediana en 260 – 265 segundos. Sin embargo, cuando se elimina el carril bus, además de subir el tiempo medio al entorno de los 300 segundos, los viajes se dispersan hacia la derecha de la distribución, apareciendo un primer pico relevante en torno a 240 s, un segundo pico en torno a 340 s e incluso se aprecia un tercer pico en torno a los 420 segundos. Existe un número relevante de valores que presentan tiempos de recorrido elevados, lo que no ocurriría en el caso de existencia de un carril reservado para autobuses.

La distribución acumulada de los tiempos de viaje puede observarse en la Figura 4. En la situación de 2010, con la plataforma reservada, el 99,33% de los autobuses realizaban el recorrido en menos de 7 minutos. Una vez retirada esta plataforma, el tiempo de recorrido que no es superado por ese porcentaje de autobuses ha subido por encima de los 10 minutos. Con el carril bus, solo el 3,57% de los viajes superaban los 6 minutos, en 2014 el 18,67% de los viajes superaban esa cifra. Mientras que en 2010 el 75,28% de los viajes tenía una duración de menos de 5 minutos, en 2014 solo el 55,09% de los viajes se completaban en ese tiempo. Debe señalarse que lo esperable es que esos viajes de mayor duración se concentren en las franjas de mayor demanda y con mayor uso por parte de viajeros pendulares, ya que se tratarán de las horas punta de los días laborables. Por un lado, esto va a suponer que el número de viajeros perjudicados por estos incrementos de tiempo sea más elevado. Por otro lado, se trata de un tipo de viajero que requiere una mayor fiabilidad en su tiempo de viaje ya que puede no tener flexibilidad en su hora de llegada a destino, por lo que esta variabilidad va a ir en detrimento de su captación por el transporte público.

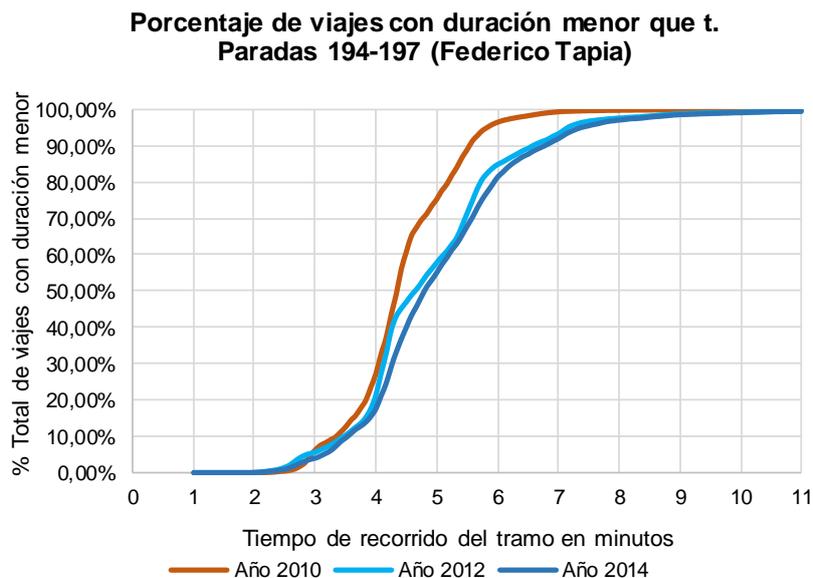


Figura 4: Distribución acumulada de los tiempos de recorrido en el tramo de la calle Federico Tapia (paradas 194 a 197)

4.3 Comparación con los tramos de contraste

Con el fin de verificar si esta evolución de los tiempos de viaje y de su variabilidad en el periodo 2010 – 2014 se puede atribuir principalmente a la retirada del carril bus, se han repetido los cálculos en otros dos tramos de la ciudad, previamente presentados.

En la Figura 5 se puede observar la evolución del tiempo medio de recorrido y del coeficiente de variación en los tres tramos analizados. Puede observarse cómo el notable incremento de la variabilidad en el tramo de la calle Federico Tapia tras la retirada del carril bus no se reproduce en los otros dos tramos, donde permanece aproximadamente estable. Como ya se ha señalado, la influencia de la reserva de plataforma en los tiempos medios es menos notable, pero igualmente se verifica que la tendencia observada en el tramo de la calle Federico Tapia no se observa en otros tramos de la ciudad, por lo es razonable atribuirlo a la influencia de la retirada del carril bus y su sustitución por una VPV.

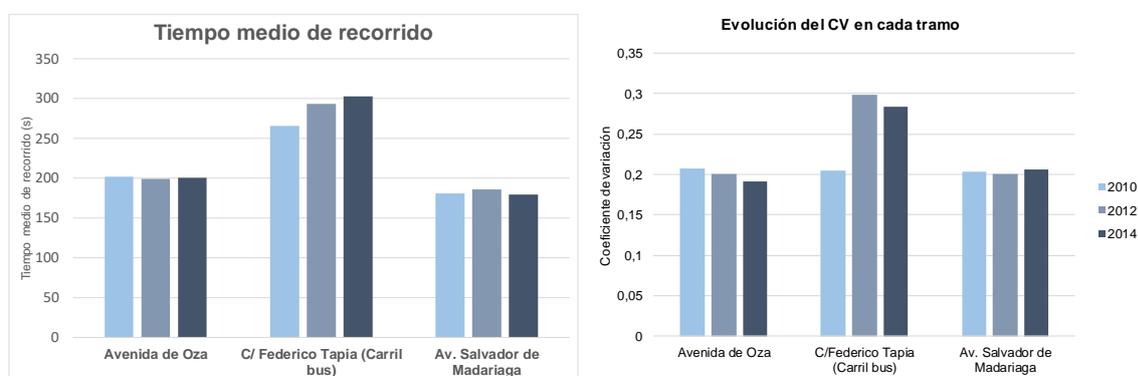


Figura 5: Comparación de tiempos de recorrido y variabilidad con tramos de contraste

Se ha realizado también la comparación de las distribuciones acumuladas, que se muestran en la Figura 6. De nuevo puede observarse que la diferencia que se apreciaba en la Figura 3 no se produce en estos tramos. Puede observarse también cómo estos tramos no están afectados por una congestión acusada, como sí existe en la zona de Federico Tapia, por lo que las gráficas son sensiblemente más verticales, con menores diferencias entre los recorridos más rápidos y los más lentos. Por lo tanto, un carril bus en estas vías tendría poca capacidad de mejorar la situación actual en cuanto a variabilidad del tiempo de recorrido y en cuanto a disminución de tiempos de recorrido. Esto está en consonancia con valores del efecto de la reserva de plataforma muy bajos reportados en otros estudios mencionados en la revisión de la literatura. Este tipo de análisis resulta de utilidad para decidir en qué tramos establecer reservas de plataforma.

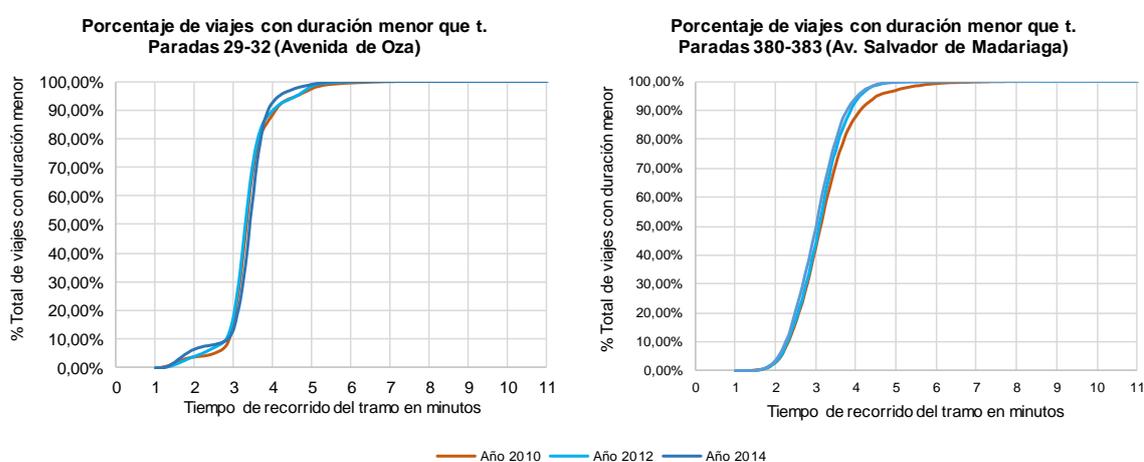


Figura 6: Comparación de distribuciones acumuladas con tramos de contraste

4. CONCLUSIONES

Las plataformas reservadas para el transporte público permiten evitar los efectos de la congestión del tráfico en las operaciones de estos sistemas. Sus ventajas se ponen de manifiesto en aquellas circunstancias en las que existe congestión en el tramo. En viales en que la congestión se produce solo en las horas punta de los días laborables, las plataformas reservadas van a ser más efectivas en eliminar los viajes de mayor duración y en reducir la variabilidad de los tiempos de recorrido que en reducir globalmente los tiempos de viaje promedio. Sin embargo, esos viajes de mayor duración van a producirse en general en los momentos de mayor demanda, lo que es relevante a efectos de evaluar los beneficios obtenidos con esta medida. Adicionalmente, la mayor variabilidad se va a producir en días hábiles y en horas punta, momento en el que es del mayor interés captar a los viajeros pendulares. Estos viajeros suelen tener además un horario fijo de entrada, por lo que el efecto atractor hacia el transporte público de una baja incertidumbre en el tiempo de recorrido puede ser más relevante para el cambio modal.

En el caso de estudio analizado de la ciudad de A Coruña se ha comparado la situación con un carril reservado para autobuses y taxis y un carril de circulación general frente a dos carriles para circulación general con priorización semafórica para los autobuses con retraso y especial vigilancia de los aparcamientos indebidos. La retirada del carril bus ha supuesto un incremento del tiempo medio de recorrido al finalizar el periodo analizado del 14,0% en general y del 15,8% en días hábiles. Desde el punto de vista de la variabilidad, el coeficiente de variación se ha incrementado un 46% en ese periodo. Se han analizado las distribuciones acumuladas, cuantificando la reducción de los viajes de mayor duración. En el caso de estudio los viajes que superan los 6 minutos de duración aumentaron del 3,57% al 18,67%, mientras que los viajes de más de 5 minutos han pasado del 24,72% al 44,91%. Se ha contrastado la variación de parámetros observada en el tramo en el que se ha retirado la plataforma reservada con otros tramos similares de la ciudad, donde se observa que no se han producido modificaciones relevantes en el periodo. El estudio de los histogramas de densidad y las distribuciones acumuladas del tiempo de recorrido pueden ser un instrumento útil para valorar la oportunidad de implantar plataformas reservadas, dado que estas actuarán fundamentalmente sobre los valores más elevados de la distribución.

Entre las líneas de investigación abiertas está el estudio de la distribución horaria de los viajes en los que se producen los mayores ahorros y la evaluación de los pasajeros que se benefician. También resulta de interés analizar la influencia de las operaciones en las paradas según la demanda de subidas y bajadas, el cumplimiento de intervalos, la modelización de los diferentes efectos, la comparación con los valores que se extraen de metodologías de cálculo existentes y la extensión de estos análisis a otros tramos de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida en el proyecto “Paradas, transbordos y reserva de plataforma. Análisis experimental y modelización de su influencia en sistemas de autobús (IMPROVEBUS)”, de referencia RTI2018-097924-B-I00 MCI/AEI/FEDER, UE.

Los autores agradecen a la Compañía de Tranvías de La Coruña el acceso a los datos de su Sistema de Ayuda a la Explotación.

REFERENCIAS

ARASAN, V., VEDAGIRI, P. (2010). Microsimulation Study of the Effect of Exclusive Bus Lanes on Heterogeneous Traffic Flow. *Journal of Urban Planning and Development*, 136(1), 50–58.

COMPAÑÍA DE TRANVÍAS DE LA CORUÑA (2020). Resultados de viajeros 2019. Disponible online <https://www.tranviascoruna.com/resultados-viajeros-2019/> [acceso abril 2021].

COMPAÑÍA DE TRANVÍAS DE LA CORUÑA (2021). Resultados de viajeros 2020. Disponible online <https://www.tranviascoruna.com/resultados-viajeros-2020/> [acceso abril 2021].

DIAB, E.I., EL-GENEIDY, A.M. (2013). Variation in bus transit service: understanding the impacts of various improvement strategies on transit service reliability. *Public Transport* 4: 209-231.

MARTÍNEZ, M., PIÑEIRO, C. (1997). Empresas y servicios públicos. La creación de una infraestructura de transporte urbano, A Coruña 1876-1925. VII Congreso de la Asociación de Historia Económica. Infraestructuras y servicios públicos urbanos en las Edades Moderna y Contemporánea. Girona, septiembre de 1997.

ORRO, A., NOVALES, M., MONTEAGUDO, Á., PÉREZ-LÓPEZ, J.-B., BUGARÍN, M.R. (2020). Impact on City Bus Transit Services of the COVID-19 Lockdown and Return to the New Normal: The Case of A Coruña (Spain). *Sustainability*, 12, 7206.

REDMAN, L., FRIMAN, M, GÄRLING, T., HARTIG, T. (2013). Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy* 119-127, 25.

SURPRENANT-LEGAULT, J., EL-GENEIDY, A.M. (2011), Introduction of Reserved Bus Lane: Impact on Bus Running Time and On-Time Performance. *Transportation Research Record*, 2218:10-18.

VILLAS, A. (2012). Análisis de la vía prioritaria vigilada. Documento de trabajo DTGTF-01/12. FERROTRANS – UDC.