

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO E INEFICIENCIA DEL TRANSPORTE PÚBLICO
COLECTIVO DEL ÁREA AMB, APLICADO A LAS RUTAS 1,2,3,4, Y 5 DEL
TRANSPORTE COLECTIVO CONVENCIONAL**

**JUAN SEBASTIÁN GÓMEZ SALAS
CHRISTIAN CAMILO GALVIS MENESES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2019**

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO E INEFICIENCIA DEL TRANSPORTE PÚBLICO
COLECTIVO DEL ÁREA AMB, APLICADO A LAS RUTAS 1,2,3,4, Y 5 DEL
TRANSPORTE COLECTIVO CONVENCIONAL**

**JUAN SEBASTIÁN GÓMEZ SALAS
CHRISTIAN CAMILO GALVIS MENESES**

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero civil

**Director:
LUIS DAVID ARÉVALO DURÁN
Especialista en ingeniería de tránsito y transportes**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2019

AGRADECIMIENTOS

Gracias al profesor Luis David Arévalo por la dedicación y compromiso en este proceso, su conocimiento con respecto al transporte publico colectivo fue de gran ayuda a la hora de realizar el proyecto. Además de agradecer a UNITRANSA S.A. por la información brindada sobre cada ruta y la facilidad que nos dieron a la hora de hacer el estudio.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. TIPOLOGÍA DE LA FLOTA.....	15
2. DEFINICIONES	17
3. METODOLOGÍA	19
3.1 PLANILLA ANÁLISIS DESEMPEÑO	19
3.3 INDICADOR DESEMPEÑO	25
3.4 INDICADOR INEFICIENCIA	27
4. RESULTADOS.....	29
4.1 CLASIFICACIÓN DE VELOCIDADES COMERCIALES Y DESEMPEÑO DE ACUERDO AL TIPO DE RUTA.....	29
4.1.1 Ruta 1	29
4.2 INDICADOR DE EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL DEL SISTEMA DE LAS RUTAS 1, 2, 3, 4 Y 5 DE TPCU DEL AMB.....	37
5. CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tipología de bus convencional	15
Figura 2. Recolección de datos.....	23
Figura 3. Recolección de datos.....	23
Figura 4. Bajada de pasajeros.	24

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla estudio desempeño rutas 1,2,3,4 y 5	20
Tabla 2. Tabla estudio ineficiencia rutas 1,2,3,4 y 5	22
Tabla 3. Tabla calculo velocidad operacional ruta 1, estudio 2.....	25
Tabla 4. Capacidad teórica en corredores de transporte público por sentido de circulación.....	26
Tabla 5. Clasificación velocidades comerciales	26
Tabla 6. Indicadores de evaluación de la eficiencia operacional del sistema de TPCU	28
Tabla 7. Velocidad comercial TPCU ruta 1 estudio1.....	29
Tabla 8. Velocidad comercial TPCU ruta 1 estudio2.....	30
Tabla 9. Velocidad comercial TPCU ruta 1 estudio3.....	30
Tabla 10. Velocidad comercial TPCU ruta 2 estudio1.....	30
Tabla 11. Velocidad comercial TPCU ruta 2 estudio2.....	31
Tabla 12. Velocidad comercial TPCU ruta 2 estudio3.....	31
Tabla 13. Velocidad comercial TPCU ruta 3 estudio1.....	31
Tabla 14. Velocidad comercial TPCU ruta 3 estudio2.....	32
Tabla 15. Velocidad comercial TPCU ruta 3 estudio3.....	32
Tabla 16. Velocidad comercial TPCU ruta 4 estudio1.....	32
Tabla 17. Velocidad comercial TPCU ruta 4 estudio2.....	33
Tabla 18. Velocidad comercial TPCU ruta 4 estudio3.....	33
Tabla 19. Velocidad comercial TPCU ruta 5 estudio1.....	33
Tabla 20. Velocidad comercial TPCU ruta 5 estudio2.....	34
Tabla 21. Velocidad comercial TPCU ruta 5 estudio3.....	34
Tabla 22. Estudio desempeño rutas 1,2,3,4 y5 del transporte público colectivo (TPC) del AMB.....	35

Tabla 23. Análisis desempeño TPCU.	35
Tabla 24. Estudio ineficiencia rutas 1,2,3,4 y5 comparadas con la EBTU.	38

LISTA DE ANEXOS

Ver documentos adjuntos en el CD y pueden ser visualizados en la base de datos el Biblioteca UIS

Anexo A. Estudio desempeño rutas 1, 2, 3, 4 y 5 del (AMB).

Anexo B. Estudio ineficiencia rutas 1, 2, 3, 4 y 5 del (AMB)

RESUMEN

Título: Análisis del desempeño e ineficiencia del transporte público colectivo del área AMB, aplicado a las rutas 1,2,3,4, y 5 del transporte colectivo convencional*

Autores: Juan Sebastián Gómez Salas
Christian Camilo Galvis Meneses **

Palabras Clave: Desempeño, ineficiencia, velocidad operacional, velocidad comercial, rutas.

En este documento se realiza un análisis detallado del desempeño e ineficiencia del Transporte Público Colectivo convencional del área AMB de las rutas 1,2,3,4 y 5 con el fin de proyectar una imagen global del sistema. El transporte público colectivo del AMB ha venido presentando fallas en los tiempos de recorrido. Con el propósito de contribuir al mejoramiento del mismo, se realiza una toma de datos de información de velocidades operacional y comercial, aplicadas a las rutas descritas anteriormente. Para ello se toma los datos de tiempo de recorrido entre terminales escogiendo tres horarios diferentes del día, los cuales fueron mañana, tarde y noche. Se tomaron tiempos de marcha, de ascenso, descenso, paradas ocasionadas por trancón, semáforos o algún otro factor externo y las distancias respectivas a cada ruta. Se evidencia que las rutas dieron como resultado unas velocidades comerciales muy bajas y unas velocidades operacionales altas, esto se debe a que existen tramos en los cuales tienen un alto índice de congestión vehicular y el bajo desempeño es notorio. Por otro lado, en los tiempos en la terminal se puede observar una demora de 3 rutas específicamente la 1, 2 y 3. Las cuales tienen un porcentaje de ineficiencia no recomendado debido a que los despachos no se están realizando a la hora adecuada.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil Director: Luis David Arévalo Durán

ABSTRACT

Title: Analysis of the performance and inefficiency of collective public transport in the AMB area, applied to routes 1, 2, 3, 4, and 5 of conventional collective transport *

Authors: Juan Sebastián Gómez Salas
Christian Camilo Galvis Meneses **

Key Words: Performance, inefficiency, operational speed, commercial speed, routes

In this document a detailed analysis of the performance and inefficiency of the conventional Collective Public Transport of the AMB area of routes 1,2,3,4 and 5 is carried out in order to project a global image of the system. The collective public transport of the AMB has been presenting faults in the times of travel. In order to contribute to the improvement of the same, an information data collection of operational and commercial speeds is performed, applied to the routes described above. To do this, we take the time-of-travel data between terminals, choosing three different times of the day, which were morning, afternoon and evening. Marching, ascending, descending times, stops caused by traffic jams, traffic lights or some other external factor and the respective distances to each route were taken. It is evident that the routes resulted in very low commercial speeds and high operational speeds, this is due to the fact that there are sections in which they have a high rate of vehicular congestion and the low performance is notorious. On the other hand, in the times in the terminal you can observe a delay of 3 routes specifically 1, 2 and 3. Which have a percentage of inefficiency not recommended because the shipments are not being made at the appropriate time.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil Director Luis David Arévalo Durán

INTRODUCCIÓN

La necesidad de movilizarse de un lugar a otro y el uso racional de las vías ha conllevado a la creación de sistemas de transporte colectivo que permita a las personas en su cotidianidad desplazarse utilizando el transporte público¹. Sin embargo, constantemente se presentan inconvenientes a nivel de tiempos de desplazamientos que afectan directamente el cumplimiento de las obligaciones los usuarios de cada uno de los habitantes de la región para los diferentes estratos socioeconómicos, en actividades como el trabajo, el estudio, compras y demás actividades inherentes al diario vivir de los ciudadanos².

Un sistema de transporte urbano colectivo organizado, se visibiliza como una necesidad a la cual todos y cada uno de los ciudadanos deben tener acceso por cuanto significa el medio de movilidad más eficiente y de menos contaminación frente a medios de transporte como el auto particular ³. No obstante, la prestación del servicio en vías inadecuadas, se puede ver afectado por factores externos como el congestionamiento vial o vehicular, que no permite el desarrollo de velocidades de operación acordes con las necesidades del usuario, por el uso indiscriminado de otros medios transporte como el transporte particular, la motocicleta, generando graves externalidades negativas como la accidentalidad, la contaminación, el deterioro urbano, el alto consumo de combustible y lo que para este proyecto interesa, como es la pérdida de tiempo y pérdidas económicas para los usuarios del transporte público colectivo.

¹ BECKMANN, Martin; McGUIRE, C. B. and WINSTEN, C. Studies in the Economics of Transportation [en línea] disponible en: <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/misc/specpub-beckmann-mcguire-winsten.pdf>

² LOZANO, Angélica; TORRES, Vicente y ANTÚN, Juan P. Tráfico vehicular en zonas urbanas [en línea] disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/644/64407005.pdf>

³ GARCÍA-SCHILARDI María Emilia; Transporte público colectivo: su rol en los procesos de inclusión social <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/35342/0>

Con base en lo anterior es pertinente resaltar el malestar que estos inconvenientes generaron en la comunidad, viéndose en la obligación de recurrir a transportes informales como moto-taxis, piratas, en relación al no cumplimiento de las expectativas frente al sistema tradicional de transporte público colectivo.

La velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada.

Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto.

La investigación que se presenta a continuación se realiza para medir las relaciones de tiempo y demora para las rutas (1, 2, 3, 4 , 5) con el propósito de generar una base de datos que manifieste los problemas de congestión de cada una de esas rutas, teniendo como punto de comparación las velocidades en sistemas de transporte publico urbano, garantizando una movilidad optima en los usuarios..

Esta es la base del proyecto en el cual se da a las velocidades de operación prevalecientes, para un análisis comparativo con las velocidades ideales.

1. TIPOLOGÍA DE LA FLOTA

En este proyecto de grado se realizó un estudio de investigación para buses de transporte público colectivo de la empresa UNITRANSA S.A. La cual realiza las rutas 1,2,3,4 y 5 en el área metropolitana de Bucaramanga (AMB). La capacidad de pasajeros para este tipo de articulado varía dependiendo de la ruta.

A continuación, se presenta una imagen correspondiente a la tipología de bus utilizado en este estudio y especificaciones de la capacidad de pasajeros según la ruta.

Figura 1. Tipología de bus convencional



Fuente: VANGUARDIA LIBERAL rutas de buses [en línea] disponible en:
www.vanguardia.com/rutasdebuses-10enero

RUTA 1:

Capacidad mínima: 18

Capacidad máxima: 23

RUTA 2:

Capacidad mínima: 18

Capacidad máxima: 22

ruta 3:

Capacidad mínima: 14

Capacidad máxima: 17

ruta 4:

Capacidad mínima: 18

Capacidad máxima: 23

ruta 5:

Capacidad mínima: 22

Capacidad máxima: 27⁴

⁴ ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA Rutas público colectivo complementario [en línea] disponible en: www.amb.gov.co/rutas-publico-colectivo-complementario/

2. DEFINICIONES

En este ítem vamos a definir los términos utilizados en el proyecto con el fin de comprender la terminología a tratar en esta investigación:

ESTUDIOS DE VELOCIDAD:

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de un sistema vial es la velocidad de los vehículos. Desde este punto de vista, para medir la calidad del movimiento del tránsito se utilizan la velocidad de punto, en sus dos componentes media temporal y media espacial; la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha.⁵

VELOCIDAD COMERCIAL: Es el resultado de dividir la distancia recorrida de cada ruta respecto al tiempo que le tomo hacer dicho trayecto.

VELOCIDAD OPERACIONAL: Velocidad promedio de los autobuses en el sistema, incluyendo los tiempos y número de abordajes en las estaciones.⁶

TIEMPO DE LA RUTA: Tiempo total que toma cada ruta desde que sale del terminal hasta que vuelve al mismo.

CICLO: Es el tiempo de la ruta en minutos.

⁵ WORDPRESS Velocidad ingeniería de tránsito [en línea] disponible en: sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf

⁶ BRT DATA Operating speed [en línea] disponible en: brtdata.org/indicators/systems/operating_speed/?lang=es

OCUPACIÓN CRÍTICA: Capacidad máxima de pasajeros a la cual llega la ruta en un momento determinado.

NÚMERO DE PARADAS: Es la suma total de paradas que realiza la ruta en cada ciclo.

VELOCIDAD MÁXIMA: Velocidad máxima alcanzada por cada ruta, durante su recorrido.

DESEMPEÑO: Indicador que es la relación entre la velocidad comercial y la velocidad operacional. Tiene que ver mucho con la congestión vehicular que se presenta.

TIEMPO ACELERACIÓN DESACELERACIÓN 1 PARADA: Tiempo que transcurre mientras acelera y desacelera el conductor para realizar una parada.

TIEMPO ATENCIÓN / PARADA: Tiempo que transcurre cuando se realiza una parada. Desde el momento que está inmovilizado el autobús hasta que arranca.

SUMATORIA TIEMPO DE ATENCIÓN: Tiempo directamente proporcional entre el tiempo atención / parada y el número de paradas que realiza la ruta.

INEFICIENCIA: Está relacionada con el tiempo que tarda la buseta en el terminal y el tiempo que tarda en realizar el ciclo.

3. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este proyecto se llevó a cabo dos fases: **a)** Toma de información en campo, para la cual se utilizaron 2 formatos. Uno para el estudio de desempeño de cada ruta y otro donde se va a hallar la ineficiencia. **b)** Análisis de resultados obtenidos de la recopilación de datos en campo.

3.1 PLANILLA ANÁLISIS DESEMPEÑO

En la siguiente tabla se va a tener en cuenta el tiempo en que un pasajero sube a cada ruta, además de ubicación y un conteo controlado de cuántas personas van a bordo del colectivo. Cabe resaltar, que también es prioridad saber cuántas personas bajan del autobús y un conteo final del número de paradas que realizo en un ciclo.

En el formato se toman otros datos como lo son: El tiempo de la aceleración y desaceleración, el cual se halló en campo al recopilar diferentes tiempos que se tomaban en cada parada. Al final se hizo un promedio de dichos tiempos.

Lo que tiene que ver con longitud de la ruta se tomó de la página oficial del Área Metropolitana de Bucaramanga.⁷

⁷ ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA Rutas publico colectivo complementario [en línea] disponible en: www.amb.gov.co/rutas-publico-colectivo-complementario/

Tabla 1. Tabla estudio desempeño rutas 1,2,3,4 y 5

ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS DEL TPC								
Fecha: (D.M.A.)					Hora Inicio:	ciclo	Recorrido principal	
Día:					Hora Finat:			
Ruta N°: _____			t. aceleracion y desaceleracion	Formato para un solo recorrido		Empresa: _____		
Nombre de la Ruta: _____				vehículo y cap.		LONGITUD DE LA RUTA	CICLO	
PARADA N°	HORA	UBICACIÓN	CLASE DE TRAMO	PASAJEROS QUE VAN A BORDO DEL VEHICULO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	A BORDO	CAUSA DE LA PARADA
OBSERVACIONES								
UIS	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS	
NOMBRE:					NOMBRE:			
FIRMA:					FIRMA:			
CARGO:					CARGO:			
FECHA:					FECHA:			
ELABORO					REVISÓ			
							RUTAS	

El estudio se realiza a las rutas de transporte público colectivo 1, 2, 3, 4 y 5. El propósito es analizar el desempeño de cada recorrido. Este artículo se realizó con el fin de identificar los factores que inciden en la movilidad y crear un documento, el cual puede ser una guía para otro proyecto de movilidad y más específicamente en el área de transportes que necesite estos datos.

3.2 PLANILLA ANÁLISIS INEFICIENCIA

En esta planilla tomamos el tiempo que tarda cada ruta en realizar el ciclo y lo que se demora en llegar y salir del terminal de buses.

En la tabla se encuentran las casillas correspondientes para llevar el control de los tiempos. Es importante aclarar que para cada ruta se realizaron 3 estudios, es decir de cada ruta se realizó la recolección de datos 3 veces. Esto con el fin de poder hacer un estudio más preciso.

Tabla 2. Tabla estudio ineficiencia rutas 1,2,3,4 y 5

[illegible]

El estudio de cada ruta se realizó en diferentes días de la semana. Los tiempos de parada se tomaron con un cronómetro. El tiempo total empleado para el registro de los datos tuvo una duración de 5 semanas, (una ruta por semana).

La toma de datos se llevó a cabo por medio de 2 aforadores, una tomaba nota en las planillas y observaba el tiempo y la otra persona indicaba número de pasajeros que ingresaban o se bajaban de la buseta y ubicación del lugar.

Figura 2. Recolección de datos.

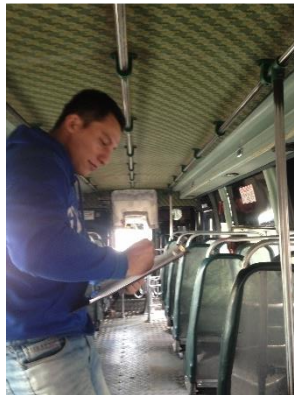


Figura 3. Recolección de datos.

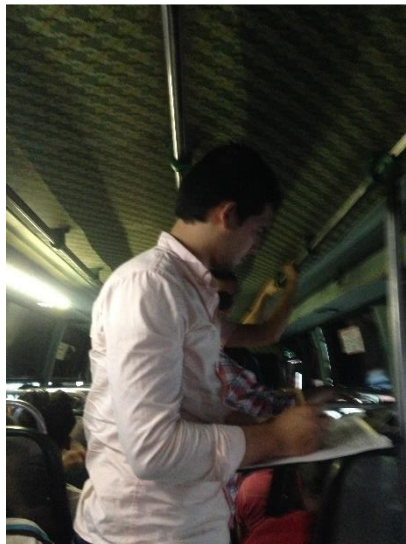


Figura 4. Bajada de pasajeros.



Al finalizar la etapa de recolección de datos, se tabularon en Excel con el fin de agruparlos por ruta, donde se tuvo en cuenta el tiempo y distancia encontrada en el trayecto total. Además de hallar la velocidad comercial y operacional de cada ruta por medio de la ecuación (1) y (2).

VELOCIDAD COMERCIAL

$$v = \frac{d}{t} \quad (1)$$

Donde:

d= Longitud de la ruta (Km)

t= Tiempo de la Ruta

VELOCIDAD OPERACIONAL

$$VOi = \frac{X_i}{\frac{X_i}{V_{\text{máx}}} + p(t_a + t_d) + \sum \frac{p}{TAp}} \quad (2)$$

X_i Extensión del tramo i

$V_{\text{máx}}$ Velocidad máxima en el tramo i

P Número de paradas en el tramo i

$t_a + t_d$ Tiempo aceleración/desaceleración en una parada
 p

$\sum T_{ap}$ Suma de tiempos de atención en las paradas (p) de la línea, en el tramo i

A continuación, vamos a mostrar un ejemplo de la manera como calculamos la velocidad operacional para la ruta 1, estudio2.

Tabla 3. Tabla calculo velocidad operacional ruta 1, estudio 2.

Longitud(km)	27,17	Km
Numero Paradas	27	
Vel Maxima	80	
Tiempo Aceleracion Desaceleracion 1 Parada	0,000556	Horas
Tiempo Atencion/Parada	15	Seg
Sumatoria Tiem. Aten	0,1125	Horas
Velocidad Operacional	58,16	km/h

3.3 INDICADOR DESEMPEÑO

En la tabla (4) se encuentran los valores de las velocidades comerciales para la tipología de la flota que se utilizó en el estudio.

Para calcular el desempeño utilizamos la velocidad comercial y operacional según la ecuación (3).

$$\beta = \frac{VP}{VO} \quad (3)$$

V_c Velocidad comercial
V_o Velocidad operacional

Tabla 4. Capacidad teórica en corredores de transporte público por sentido de circulación.

Capacidad teórica en corredores de transporte público por sentido de circulación.

Medio de transporte urbano	Velocidad comercial (Km/h)	Intervalo mínimo de seguridad (seg/veh)	Ancho de la vía para transitar (m)	Capacidad nominal unitaria (puestos/veh)	Capacidad por canal de circulación (Veh/h)	Densidad máxima (vehículo/km/carril)	Capacidad global por índice de ocupación (pas/h/sentido)			
							100%	67%	50%	30%
Automóvil	40-50	2	3,0	5	1.800	45	9.000	6.000	4.500	2.700
Microbus	20-40	10	3,0	15	360	18	5.400	3.600	2.700	1.620
Buseta	20-35	15	3,0	32	240	12	7.680	5.120	3.840	2.304
Bus convencional	10-30	30	3,0	75	120	12	9.000	6.000	4.500	2.700
Bus de gran tamaño	10-35	30	3,0	105	120	12	12.600	8.400	6.300	3.780
Bus articulado	10-35	30	3,0	160	120	12	19.200	12.800	9.600	5.760
Bus articulado ¹	25	13	6,5	160	280	6	44.800	29.867	22.400	13.440
Tren liviano ²	20-50	45	3,0	300	80	4,0	24.000	16.000	12.000	7.200
Metro ²	30-40	90	3,0	1.500	40	1,3	60.000	40.000	30.000	18.000
Tren suburbano ²	40-60	120	3,0	2.000	30	3,0	60.000	40.000	30.000	18.000

Fuente: Documento CONPES 3167 pág. 36 anexo 4. Capacidad teórica en corredores de transporte público por sentido de circulación

Tabla 5. Clasificación velocidades comerciales

Tabla 5. Velocidad máxima (Km/h) según la zona urbana y el tamaño de la ciudad						
POBLACIÓN (NÚMERO DE HABITANTES)	ZONA COMERCIAL		ZONA RESIDENCIAL		ZONA ABIERTA	
	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE
10000 a 25000	24-56	24-56	32-56	32-56	40-96	40-96
25000 a 50000	24-40	24-32	32-56	32-48	56-72	56-72
50000 a 100000	24-40	24-40	32-48	32-48	48-64	48-64
100000 o más	24-48	24-48	32-48	32-48	56-95	48-64

Fuente: Recomendación de la ENO

Para la zona de Bucaramanga que cuenta con una población de 521,857 según datos del DANE del año 2017. Vamos a utilizar las velocidades superiores a una población de 100000 habitantes para compararlas con los resultados obtenidos en campo.

3.4 INDICADOR INEFICIENCIA

De la siguiente manera utilizamos el tiempo en el terminal y lo que tarda en realizar un ciclo para obtener la ineficiencia de cada ruta según la ecuación 4.

$$\theta = \frac{TT}{Tc} \quad (4)$$

Donde:

TT Tiempo terminal (inicial + final)

TC Tiempo de ciclo

En el TERMINAL ha de existir un centro OPERATIVO, donde se disponga de la programación que ha de cumplirse cada día para cada RUTA y se controle su ejecución.

Los funcionarios encargados del CONTROL de la OPERACIÓN utilizan el TERMINAL para verificar el cumplimiento de lo PROGRAMADO y realizar los ajustes operativos que se requieran.

Es importante controlar en el TERMINAL:

El horario de salida de cada vehículo, allí se da la orden de inicio de cada recorrido VEHICULAR.

El horario de llegada de cada vehículo, para verificar el cumplimiento del TIEMPO de viaje previsto y conocer las CAUSAS de las DEMORAS que se hubieren tenido.

El tiempo entre DESPACHOS sucesivos de un mismo vehículo y el tiempo de descanso de sus operarios.⁸

La EBTU recomienda los siguientes tiempos en TERMINAL, acorde con la duración de los recorridos. Ver Tabla 6

Tabla 6. Indicadores de evaluación de la eficiencia operacional del sistema de TPCU

Tiempo de ciclo (min)	Tiempo en Ideal	Terminal (min) Máximo	Indice de Ideal (%)	Ineficiencia Máximo (%)
30	6	10	20	33
40	6	10	15	25
50	7	10	14	20
60	7	12	12	18
75	8	12	11	16
90	10	15	11	16
120	15	20	12	16

Fuente: Infraestructura para el transporte público colectivo urbano pág. 76

⁸ CÁRDENAS GUEVARA. Daniel Humberto Infraestructura para el transporte público colectivo urbano TUNJA: Publicación universitaria UPTC 2000 pág. 75 y 76

4. RESULTADOS

4.1 CLASIFICACIÓN DE VELOCIDADES COMERCIALES Y DESEMPEÑO DE ACUERDO AL TIPO DE RUTA.

A continuación, se va a mostrar los resultados obtenidos de la velocidad comercial y el desempeño de cada ruta.

4.1.1 Ruta 1

Estudio 1

Tabla 7. Velocidad comercial TPCU ruta 1 estudio1.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 1 (MAÑANA)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	6,67	0,42	16,008
COMERCIAL	18	1,13	15,93
RESIDENCIAL	2,5	0,15	16,67

Estudio 2

Tabla 8. Velocidad comercial TPCU ruta 1 estudio2.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 1 (TARDE)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	6,67	0,25	26,68
COMERCIAL	18	0,763	23,59
RESIDENCIAL	2,5	0,080	31,38

Estudio 3

Tabla 9. Velocidad comercial TPCU ruta 1 estudio3.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 1 (NOCHE)			
TRAMO	L (Km)	T (Hora)	V (Km/h))
ABIERTO	6,67	0,32	21,06
COMERCIAL	18	0,758	23,74
RESIDENCIAL	2,5	0,083	30

RUTA 2

Estudio 1

Tabla 10. Velocidad comercial TPCU ruta 2 estudio1.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 2 (MAÑANA)			
TRAMO	L (Km)	T (Horas)	V (Km/h))
ABIERTO	5,5	0,38	14,35
COMERCIAL	19,4	1,167	16,63
RESIDENCIAL	1,92	0,150	12,8

Estudio 2

Tabla 11. Velocidad comercial TPCU ruta 2 estudio2.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 2 (TARDE)			
TRAMO	L (Km)	T (Horas)	V (Km/h))
ABIERTO	5,5	0,31	17,84
COMERCIAL	19,4	0,967	20,07
RESIDENCIAL	1,92	0,092	20,95

Estudio 3

Tabla 12. Velocidad comercial TPCU ruta 2 estudio3.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 2 (NOCHE)			
TRAMO	L (Km)	T (Horas)	V (Km/h))
ABIERTO	5,5	0,37	15,00
COMERCIAL	19,4	1,183	16,39
RESIDENCIAL	1,92	0,150	12,8

RUTA 3

Estudio 1

Tabla 13. Velocidad comercial TPCU ruta 3 estudio1.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 3 (MAÑANA)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	3,5	0,17	21,00
COMERCIAL	8,2	0,583	14,06
RESIDENCIAL	8,7	0,683	12,73

Estudio 2

Tabla 14. Velocidad comercial TPCU ruta 3 estudio2.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 3(MAÑANA)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	3,5	0,15	23,33
COMERCIAL	8,2	0,492	16,68
RESIDENCIAL	8,7	0,600	14,50

Estudio 3

Tabla 15. Velocidad comercial TPCU ruta 3 estudio3.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 3 (NOCHE)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	3,5	0,20	17,50
COMERCIAL	8,2	0,550	14,91
RESIDENCIAL	8,7	0,667	13,05

RUTA 4

Estudio 1

Tabla 16. Velocidad comercial TPCU ruta 4 estudio1.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 4 (MAÑANA)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	6,2	0,38	16,53
COMERCIAL	18,4	1,167	15,77
RESIDENCIAL	3,25	0,200	16,25

Estudio 2

Tabla 17. Velocidad comercial TPCU ruta 4 estudio2.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 4 (TARDE)			
TRAMO	L (Km)	T (Horas)	V (Km/h))
ABIERTO	6,2	0,35	17,71
COMERCIAL	18,4	1,092	16,85
RESIDENCIAL	3,25	0,217	15,00

Estudio 3

Tabla 18. Velocidad comercial TPCU ruta 4 estudio3.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 4 (NOCHE)			
TRAMO	L (Km)	T (Horas)	V (Km/h))
ABIERTO	6,2	0,45	13,78
COMERCIAL	18,4	1,250	14,72
RESIDENCIAL	3,25	0,250	13,00

RUTA 5

Estudio 1

Tabla 19. Velocidad comercial TPCU ruta 5 estudio1.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 5 (MAÑANA)			
TRAMO	L (Km)	T (Horas)	V (Km/h))
ABIERTO	3,47	0,30	11,57
COMERCIAL	21,4	1,667	12,84
RESIDENCIAL	8,3	0,717	11,58

Estudio 2

Tabla 20. Velocidad comercial TPCU ruta 5 estudio2.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 5 (MAÑANA)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	3,47	0,20	17,35
COMERCIAL	21,4	1,367	15,66
RESIDENCIAL	8,3	0,633	13,11

Estudio 3

Tabla 21. Velocidad comercial TPCU ruta 5 estudio3.

VELOCIDAD COMERCIAL RUTA 5 (NOCHE)			
TRAMO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (Horas)	VELOCIDAD COMERCIAL (Km/h))
ABIERTO	3,47	0,27	13,01
COMERCIAL	21,4	1,750	12,23
RESIDENCIAL	8,3	0,700	11,86

Según las velocidades comerciales halladas para cada ruta y su respectivo trayecto, podemos deducir que existe una gran diferencia con las velocidades recomendada en la tabla 5. Estas clasificaciones según la zona urbana y el tamaño de la ciudad muestran un desempeño que no esta siendo eficiente en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). Para observar más detalladamente esta conclusión a continuación vamos a observar en la tabla 22 los porcentajes de desempeño hallados para cada ruta de transporte publico colectivo.

Tabla 22. Estudio desempeño rutas 1,2,3,4 y5 del transporte público colectivo (TPC) del AMB.

 ESTUDIO DESEMPEÑO RUTAS 1,2,3,4 Y 5 DEL TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO (TPC) DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA				
RUTA	DESEMPEÑO ESTUDIO 1 (%)	DESEMPEÑO ESTUDIO 2 (%)	DESEMPEÑO ESTUDIO 3 (%)	DESEMPEÑO PROMEDIO %
1	34,77	43,01	40,56	39,45
2	34,69	40,74	34,35	36,60
3	34,16	39,38	36,45	36,66
4	35,62	35,99	31,15	34,25
5	28,64	31,51	27,87	29,34

Fuente: Análisis del desempeño rutas 1,2,3,4 y 5 del transporte público colectivo en Bucaramanga

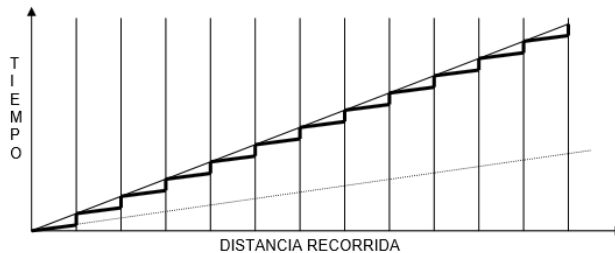
Tabla 23. Análisis desempeño TPCU.

ANÁLISIS DESEMPEÑO TPCU	
Servicio	%
Excelente	(80-100)
Bueno	(60-80)
Regular	(40-60)
Malo	(20-40)
Pésimo	(0-20)

Como se puede observar en la tabla 22, la ruta con mayor desempeño es la ruta 1, Convivir-Modelo-Uis con un desempeño de 39,45%. Cabe resaltar que este porcentaje no es bueno, ya que un 40% aproximado de desempeño no es aceptable en una ciudad como Bucaramanga. Estas rutas no tienen un desempeño adecuado, y más si realizamos la comparativa con la tabla 23 donde encontramos que todas las rutas ofrecen un desempeño Malo en el AMB. Esto se debe a que la velocidad comercial que se vio afectada en todas las rutas por la congestión. En los anexos se podrán observar las tablas en las que tabulamos cada ruta y la velocidad operacional calculada. El estudio para el desempeño se tuvo en cuenta en 3 horarios diferentes del día para cada ruta, 2 en hora pico y 1 en hora valle.

La alta frecuencia de PARADAS incide grandemente en la VELOCIDAD COMERCIAL. Para explicar mejor esta teoría observar la Gráfica 1.

Gráfica 1. Velocidad comercial de una línea de TPCU.



Fuente: CÁRDENAS GUEVARA Daniel Humberto. Infraestructura para el transporte público colectivo urbano Tunja: Publicación universitaria UPTC 2000 pag 59

La Gráfica 1 presenta la Velocidad Comercial de un servicio SIN PARADAS y la del servicio CON PARADAS

La línea punteada muestra la VELOCIDAD COMERCIAL si no hubiera paradas, obsérvese que el tiempo total del recorrido es el más bajo.

La línea continua y recta, muestra la VELOCIDAD COMERCIAL equivalente, considerando las paradas.⁹

Es evidente que debe haber PARADAS en un servicio de TPCU, pero entre mayor sea su número, más importantes son las DEMORAS en los PARADEROS, con relación al TIEMPO de viaje y, en consecuencia, las VELOCIDADES COMERCIALES serán más bajas, es decir, los TIEMPOS de viaje mayores.

⁹ Ibíd. pág. 59.

Si los tiempos de VIAJE son altos, el número de RECORRIDOS que pueden hacer los VEHÍCULOS en un período de tiempo es MENOR y los requerimientos de FLOTA aumentan.¹⁰

4.2 INDICADOR DE EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL DEL SISTEMA DE LAS RUTAS 1, 2, 3, 4 Y 5 DE TPCU DEL AMB.

Para hallar la eficiencia del sistema es importante controlar en el TERMINAL:

- a.** El horario de salida de cada vehículo, allí se da la orden de inicio de cada recorrido VEHICULAR.
- b.** El horario de llegada de cada vehículo, para verificar el cumplimiento del TIEMPO de viaje previsto y conocer las CAUSAS de las DEMORAS que se hubieren tenido.
- c.** El tiempo entre DESPACHOS sucesivos de un mismo vehículo y el tiempo de descanso de sus operarios¹¹.

Al tener estos datos procedemos a calcular el porcentaje (% de la ineficiencia del sistema) y lo comparamos con la EBTU (Empresa Brasileira de Transporte urbano) para este indicador.

¹⁰ Ibíd. pág. 60.

¹¹ Ibíd. pág. 75

Tabla 24. Estudio ineficiencia rutas 1,2,3,4 y5 comparadas con la EBTU.

RUTA	PROMEDIO INEFICIENCIA %	DATOS EBTU %	
1	19,90	11--16	NO CUMPLE
2	16,72	11--16	NO CUMPLE
3	20,38	11--16	NO CUMPLE
4	14,02	11--16	CUMPLE
5	12,51	12--16	CUMPLE

Fuente: Análisis ineficiencia rutas 1,2,3,4 y 5 del transporte público colectivo en Bucaramanga

Según la tabla 24 las rutas desde la número 1 hasta la número 3 no cumplen con la evaluación de la eficiencia operacional del sistema de TPCU. Excepto la ruta 4 y 5 presentan una eficiencia óptima para el sistema de transporte público. Para observar más detalles de este índice y los datos tomados en campo se pueden ir a anexos 9.2.

5. CONCLUSIONES

- Tal como esta investigación lo ha demostrado se realizó la toma de datos necesaria para calcular la velocidad operacional y velocidad comercial de las rutas 1,2,3,4 y 5, de la cual obtuvimos una diferencia notable entre las dos. Cabe resaltar que entre más desigualdad exista entre las dos velocidades, menor va a ser el desempeño de cada ruta. Además de tomar los tiempos de recorridos entre terminales para hallar la ineficiencia y luego compararla con la tabla de la EBTU.
- Se puede observar después de determinar las velocidades comerciales y operacionales un mal desempeño de las rutas 1,2,3,4 y 5 según los resultados obtenido para cada una. Igualmente, para determinar la ineficiencia de cada una de las rutas 1,2,3,4 y 5 del sistema colectivo convencional podemos concluir que, de las 5 rutas, únicamente la 4 y la 5 presentan una eficiencia optima según la comparación con la tabla de la EBTU.
- Según los resultados obtenidos en el desempeño de las rutas 1,2,3,4 y 5 obteniendo un resultado malo que abarca un rango de porcentajes (%) entre el 20-40 %, se recomienda mejorarlo a un rango del 60 a 80 por ciento % para empezar a contar con un servicio bueno de TPCU en el AMB. Esto se consigue incrementando la velocidad comercial a un rango de 22 a 27 km/h y disminuyendo la velocidad operacional a un rango de 31 a 41 km/h para obtener dicho desempeño.
- Es claro en el análisis de la ineficiencia una demora prolongada en la terminal de las rutas 1,2 y 3. Se recomienda para mejorar este indicador tener en cuenta un tiempo para la ruta 1 en un rango de 8 a 11 minutos en la terminal. Para la

ruta 2 se debe emplear un tiempo de 11 a 15 minutos en el parqueadero. Finalmente, para la ruta 3 es óptimo un tiempo en la terminal de transportes de 9 a 13 minutos. Es de vital importancia contar con el personal adecuado que logre despachar cada ruta a la hora deseada.

- Para mejorar el desempeño de las rutas estudiadas, se debe tener en cuenta que se debe aumentar la velocidad comercial, lo cual va a acrecentar la regularidad del servicio, esto tendrá como consecuencia una mejora económica para el sistema ya que atraerá mas usuarios. Se recomienda para aumentar la velocidad comercial tener en cuenta el rol que tienen los paraderos del Transporte Publico Colectivo Urbano (TPCU), los cuales cambian de manera considerable y en una función muy importante el acceso a la movilidad en las zonas urbanas de manera adecuada si están ubicados en las zonas correctas de la ciudad. Los paraderos deben ser los menores posibles, esto con el fin de no entorpecer la velocidad comercial y brindar una mejor calidad de atención a los pasajeros a la hora de tomar el sistema.
- Es claro que se debe priorizar que si no hay congestión y el número de paradas es óptimo, pues la velocidad comercial se acerca a la velocidad operacional, en cuyo caso el desempeño va a resultar siendo excelente.
- La ineficiencia del sistema se puede mejorar contando con operadores que despachen las rutas a la hora acordada, los cuales deben ser lo más rigurosos posibles con estos tiempos de entrada y salida de cada ruta.
- La cantidad de pasajeros que van en el vehículo, y la llegada al terminal de cada ruta hace posible mejorar en tiempo real la programación de salidas del terminal de cada bus, esto se hace con el fin de modificar las demoras ocasionadas a la hora de realizar el estudio, es decir se sugiere variar los horarios de despacho.

- Otras políticas como el desestimulo del uso del carro particular propuesto por los Documentos Conpes sobre políticas del TPC para Colombia, señalan la urgente necesidad de resolver la movilidad en las ciudades
- Se recomienda hacer una mayor revisión con la bibliografía colombiana, ya que las tablas comparativas utilizadas en este proyecto fueron basadas en normas americanas en cuanto a la velocidad comercial y para la ineficiencia se empleó una guía de Brasil que clasificaba este indicador del TPCU según los tiempos de recorrido y demoras en la terminal.

BIBLIOGRAFÍA

ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA Rutas publico colectivo complementario [en línea] disponible en: www.amb.gov.co/rutas-publico-colectivo-complementario/

ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA Rutas publico colectivo complementario [en línea] disponible en: www.amb.gov.co/rutas-publico-colectivo-complementario/

BECKMANN, Martin; McGUIRE, C. B. and WINSTEN, C. Studies in the Economics of Transportation [en línea] disponible en: <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/misc/specpub-beckmann-mcguire-winsten.pdf>

BRT DATA Operating speed [en línea] disponible en: brtdata.org/indicators/systems/operating_speed/?lang=es

CÁRDENAS GUEVARA. Daniel Humberto Infraestructura para el transporte público colectivo urbano TUNJA: Publicación universitaria UPTC 2000 pág. 75 y 76

GARCÍA-SCHILARDI María Emilia; Transporte público colectivo: su rol en los procesos de inclusión social <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/35342/0>

LOZANO, Angélica; TORRES, Vicente y ANTÚN, Juan P. Tráfico vehicular en zonas urbanas [en línea] disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/644/64407005.pdf>

WORDPRESS Velocidad ingeniería de transito [en línea] disponible en:
sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf

ANEXOS

Anexo A. Estudio desempeño rutas 1, 2, 3, 4 y 5 del (AMB).

(Ver documentos adjuntos en el CD)

Anexo B. Estudio ineficiencia rutas 1, 2, 3, 4 y 5 del (AMB)

(Ver documentos adjuntos en el CD)