

**DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO
MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS P6, AC1 Y AC4**

**DEIMER DUBANT PÉREZ ROJAS
FABIAN ANTONIO MARTINEZ PABON**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

**DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO
MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS P6, AC1 Y AC4**

**DEIMER DUBANT PÉREZ ROJAS
FABIAN ANTONIO MARTINEZ PABON**

Proyecto de grado para optar al titulo de Ingeniero Civil

**Director:
LUIS DAVID ARÉVALO DURÁN
Especialista en transito y transportes**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. REGISTRO DE INFORMACIÓN EN CAMPO.....	15
1.1 TOMA DE INFORMACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRAS.....	15
1.2 ESTUDIO ESTADÍSTICO Y MUESTRA REPRESENTATIVA	16
2. TIPOLOGÍA DE BUSES	18
3. ANÁLISIS DEL PERFIL DE CARGA DE LAS RUTAS	20
3.1 RUTA P-6 HORA PICO	20
3.2 RUTA AC1 HORA PICO	21
3.3 RUTA AC4 HORA PICO	22
4. ATRIBUTOS RUTA P6, AC1 Y AC4	24
4.1 RECORRIDO DE RUTAS AC1, AC4 Y P6	24
4.2 LONGITUDES DE RUTAS P6, AC1 Y AC4.....	25
4.3 CICLO DE LAS RUTAS	26
4.4 VELOCIDAD COMERCIAL O REAL.....	26
4.5 CARGA MÁXIMA	27
4.6 INTERVALO DE LAS RUTAS.....	28
4.7 FLOTA DE LAS RUTAS	29
4.8 VELOCIDAD OPERACIONAL	30
4.9 VELOCIDAD MÁXIMA EN CADA TRAMO (VM _{máx.}).....	31
4.10 TIEMPO DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN (ta,td).....	32
4.11 DESEMPEÑO	32
4.12 INVESTIGACIÓN DEL IPK.	34
5. ANÁLISIS PRELIMINAR ECONÓMICO.	36
5.1. COSTOS DE OPERACIÓN FRENTE A INGRESOS DE LA RUTA AC1.....	37
6. CONCLUSIONES	40

7. RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXOS.....	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Campana de gauss.....	17
Figura 2. Tipología de bus alimentador.....	18
Figura 3. Tipología de bus padrón.	19
Figura 4. Recorrido ruta AC1.	24
Figura 5. Recorrido ruta AC4.	25
Figura 6. Recorrido ruta P6.....	25

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla estudio estadístico t-student	16
Tabla 2. Tabla longitudes en kilómetros de cada una de las rutas.	26
Tabla 3. Tabla ciclo de cada una de las rutas.....	26
Tabla 4. Tabla velocidades comerciales o reales de cada una de las rutas.	27
Tabla 5. Tabla carga máxima de cada una de las rutas.	28
Tabla 6. Tabla de flota de cada una de las rutas.	29
Tabla 7. Tabla de flota efectiva de cada una de las rutas.....	30
Tabla 8. Tabla tiempos de movimientos de las rutas.....	32
Tabla 9. Tabla velocidades operacionales.....	32
Tabla 10. Tabla desempeño de las rutas.....	33
Tabla 11. Tabla eficiencia en función del IPK.....	35
Tabla 12. Tabla distribución de utilidades a los participantes.....	36
Tabla 13. Tabla ganancia o pérdida ruta AC1.....	37
Tabla 14. Tabla ganancia o pérdida ruta hora pico y valle AC1.....	37
Tabla 15. Tabla ganancia o pérdida ruta AC4.....	38
Tabla 16. Tabla ganancia o pérdida ruta hora pico y valle AC4.....	38
Tabla 17. Tabla ganancia o pérdida ruta P6.....	39
Tabla 18. Tabla ganancia o pérdida ruta hora pico y valle P6.....	39

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Perfil de carga P6 hora pico recorrido	44
Anexo B. Perfil de carga P6 hora valle recorrido 4	45
Anexo D. Perfil de carga AC1 hora pico recorrido 28.	47
Anexo E. Perfil de carga AC4 hora pico recorrido 5.....	48
Anexo F. Perfil de carga AC4 hora valle recorrido 22.....	49
Anexo G. Resumen atributos rutas P6, AC1 y AC4.....	50

RESUMEN

TITULO: DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS P6, AC1 Y AC4

AUTORES: DEIMER DUBANT PÉREZ ROJAS
FABIAN ANTONIO MARTINEZ PABON

Palabras clave: Desempeño, Revisión operacional, Sube y baja de pasajeros, Eficiencia, Sostenibilidad.

Con este trabajo conoceremos la actual realidad, con respecto a la eficiencia y el desempeño del SITM del área metropolitana de Bucaramanga, direccionado a la revisión operacional de las rutas AC1, AC4 y P6. Para la realización de esta investigación se recolectó información por medio de los respectivos aforos en las rutas, tomando como días representativos, martes, miércoles y jueves, utilizando el método de sube y baja de pasajeros, tomando los tiempos de recorrido y número de pasajeros, información necesaria para calcular los atributos, dándonos una percepción importante de la eficiencia y desempeño operacional de estas rutas mencionadas. Finalmente, con objetivo de analizar la sostenibilidad de las rutas, se llevó a cabo un análisis económico tomando como referencia, los ingresos por pasajeros y los costos por kilómetro recorrido. El estudio permitió definir ingresos y egresos y de esta manera diagnosticar la actual situación económica de las rutas en cuestión.

ABSTRACT

TITLE: DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS P6, AC1 Y AC4.

AUTORES: DEIMER DUBANT PÉREZ ROJAS
FABIAN ANTONIO MARTINEZ PABON

Keywords: performance, operational revisions, passengers up and down, efficiency, sustainability

This research investigates the current situation of the SITM for Bucaramanga's metropolitan area with respect to efficiency and performance. It is focus on the operational revisions of the following routes: AC1, AC4 and P6. The information collected for this research work was taken from the registry of the routes for the following representative days: Tuesday, Wednesday and Thursday. The model used the passengers up and down methodology, recording the time of the route and the total number of passengers. This information was necessary to calculate the attributes that helped to obtain an important perception of the efficiency and performance of the operation for the routes under analysis. Finally, with the primary objective of the routes sustainability in mind, it was necessary to analyze the economic impact using information such as the passages' income and the cost per kilometer of each trip. Moreover, the study facilitated the definition of income and expenses, which allowed the diagnosis of the current economic situation of the routes under investigation.

INTRODUCCIÓN

Las ciudades en vías de desarrollo, son focos que atraen grandes masas de población, puesto que el crecimiento económico y social son aspectos atractivos para los residentes, lo que trae consigo el crecimiento de la superficie urbanizada, más circulación de personas y como consecuencia mayores exigencias para brindar condiciones adecuadas de movilidad.

Bucaramanga, centro de desarrollo económico y comercial, ha contado durante años, con un medio de transporte colectivo que muestra deficiencias significativas en materia de seguridad, comodidad, tiempos de recorrido y contaminación, y que no ha logrado atender las crecientes necesidades de movilidad. A partir de esta situación fue aprobado en el año 2004 el sistema de transporte masivo Metrolínea¹, El cual fue creado para dar solución a estas dificultades.

El SITM tiene como misión atender las necesidades de movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga; necesidades que en los años de servicio transcurrido se han acentuado con el tiempo y recalcados por los usuarios quienes expresan su inconformismo, inconformidad que ha propiciado a la informalidad en el transporte, lo que se ha convertido en una problemática para las empresas de transporte urbano en el área metropolitana de Bucaramanga y para la seguridad de los ciudadanos, quienes se exponen al viajar con conductores no certificados y en ocasiones no calificados.

Por tanto se ve la necesidad de realizar un estudio que arroje resultados definitivos, y evalúe correctamente el funcionamiento de las rutas del sistema de transporte

¹ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DPN), Documento CONPES 3298. República de Colombia, 26 de julio de 2004

masivo Metrolínea, con esto en mente se llevó a cabo esta investigación, donde se tomaron tres rutas del SITM, estudio en el que se tendrán en cuenta el punto de vista del usuario y del prestador de servicio, ya que el bienestar del usuario y la empresa son recíprocos. Para la investigación se escogieron tres rutas del SITM, a cada una se le realizaron sus respectivos aforos; con los que se recolectaron los datos necesarios para calcular variables como la velocidad operacional, velocidad comercial, la flota, intervalos, IPK, entre otros. Partiendo de estos datos se podrá llegar a un diagnostico confiable de estas tres rutas y así dar las respectivas recomendaciones.

1. REGISTRO DE INFORMACIÓN EN CAMPO

Se registraron los datos del ascenso y descenso de pasajeros en cada ruta, usando el formulario del ministerio de transporte², el registro se hizo a partir de la terminal de salida y a lo largo de todo el recorrido hasta volver a llegar al punto de salida, se documentó, la hora en la que se detenía en cada parada, el nombre de la parada, pasajeros que se suben, pasajeros que se bajan y pasajeros a bordo. Para corroborar que los datos se tomaron los días de mayor relevancia, La información se recolecto en días hábiles, donde según la empresa Metrolinea S.A, se presentan las mayores demandas de pasajeros a lo largo de la semana, por lo que se tomaron como días representativos martes, miércoles y jueves.

En las rutas AC1 y AC4 (rutas alimentadoras) se asignaron dos personas para el registro y conteo de pasajeros, y en el caso de la ruta P6, que cuenta con un bus padrón, se emplearon 4 aforadores para cubrir el conteo de pasajeros en las 5 puertas, ya que en esta ruta el sube y baja de pasajeros es elevado y se incrementa en las estaciones principales.

1.1 TOMA DE INFORMACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRAS.

El registro de la información se realiza para un solo despacho a la vez, es decir desde el momento en que sale el bus hasta que retorna, luego se espera el siguiente bus y se empieza el conteo nuevamente, este procedimiento se realiza durante todo el día.

² MINISTERIO DE TRANSPORTES (MinTransportes), Base de datos, N.A.

Para las rutas AC1 y AC4 se hace despacho de un bus alimentador cada 5 minutos demorando el recorrido aproximadamente 20 minutos. Teniendo en cuenta los horarios comienzo y fin de operaciones en estas rutas, se calculan cerca de 190 despachos durante el día, de los cuales 28 y 29 son los aforados respectivamente, lo que corresponde a un tamaño de muestra de 6,78% para la ruta AC1 y 6,55% para la ruta AC4.

Para la ruta P6 hay despacho de un bus padrón cada 10 minutos, por lo que se calculan cerca de 96 despachos de los cuales fueron aforados 9 despachos durante el día, lo que representa una toma de muestra de 10,6%.

1.2 ESTUDIO ESTADÍSTICO Y MUESTRA REPRESENTATIVA

Para determinar si la muestra tomada es representativa para el estudio se realizó un análisis estadístico para determinar un nivel de confianza que valide los datos en cuestión. Se utilizó la prueba de hipótesis mediante la distribución T – Student la cual se tiene en cuenta muestras poblacionales de este tipo.

Para el estudio se plantea la hipótesis: los datos muestrales son representativos para la media poblacional tomando un porcentaje de confianza del 80 por ciento, que para este estudio se representa como nivel de significancia 0,2.

A continuación se muestran los resultados obtenidos luego del análisis estadístico:

Tabla 1. Tabla estudio estadístico t-student

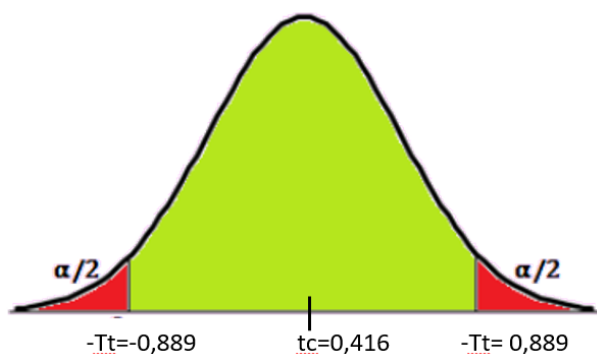
Datos Estadísticos			
	Ruta AC1	Ruta AC4	Ruta P6
u	11	27	104
X=	11,35714	27,2069	114,667
n=	28	29	9

Datos Estadísticos			
	Ruta AC1	Ruta AC4	Ruta P6
S=	4,539655	10,02276	48,2183
GL	27	28	8
N significancia	0,2	0,2	0,2
zona de aceptacion	0,855	0,855	0,889
t-Student (tabla)	-0,855	-0,855	0,889
t-Student	0,416292	0,111164	0,66365

u = media poblacional, X= media muestral, n= número de muestras, S= desviación típica de la población, GL= Grados de libertad

A continuación se representa gráficamente el estadístico de prueba correspondiente a la ruta AC1 el cual cae en la zona de aceptación (color verde) de la hipótesis nula planteada por la prueba de hipostasis

Figura 1. Campana de gauss



Dado que estadístico de prueba t_c de las rutas AC1, AC4 y P6 caen dentro de los parámetros críticos se acepta la hipótesis de que los datos muestrales son representativos, para las media poblacionales teniendo en cuenta un porcentaje de confianza de **80 por ciento**.

2. TIPOLOGÍA DE BUSES

Para el desarrollo de este proyecto se estudiaron los buses del sistema integrado de transporte masivo, el cual usa alimentadores para las rutas AC1 y AC4, y padrón para P6. El sistema integrado de transporte masivo cuenta con dos empresas operadoras del servicio, metrocinco S.A y movilizamos plus S.A.³. Para las rutas en estudio se tiene:

ALIMENTADORES

- AC1: empresa movilizamos plus S.A, número de asientos 18, capacidad total 45 personas.
- AC4: empresa metrocinco S.A, número de asientos 20, capacidad total 45 personas.

Figura 2. Tipología de bus alimentador



Fuente: Bucaramanga, Padron [en línea] disponible en: <http://www.bucaramanga.gov.co/noticias/wp-content/uploads/2016/12/Rendici%C3%B3n-de-cuentas-2016-REV3.pdf>

³ METROLINEA Quienes somos, <http://www.metrolinea.gov.co/v3.0/quienes-somos/metrolinea>, diciembre 2017

PADRÓN

- P6: empresa Metrocinco, número de asientos 25, capacidad total 90 personas.

Figura 3. Tipología de bus padrón.



Fuente: BUCARAMANGA, Rendición de cuentas 2016 [en línea] disponible en: <http://www.bucaramanga.gov.co/noticias/wp-content/uploads/2016/12/Rendici%C3%B3n-de-cuentas-2016-REV3.pdf>

3. ANÁLISIS DEL PERFIL DE CARGA DE LAS RUTAS

Los siguientes perfiles de carga para las rutas AC1, AC4 y P6; nos da una información de los tramos más cargados de pasajeros y su localización. Se hace un análisis desde el origen hasta el fin de cada recorrido, tomando como perfiles de carga representativos, el de mayor tránsito de pasajeros en horas pico y el de menor en hora valle.

3.1 RUTA P-6 HORA PICO

(ver anexo 1)

En la figura se puede apreciar un aumento considerable por ser hora pico en el ascenso de pasajeros en las estaciones Cañaverál, estación Provenza vagón sur y Parque Estación UIS; siendo esta última la de mayor ingreso de pasajeros de lo que se puede deducir que hay un flujo considerable de estudiantes de las universidades aledañas, los cuales retornan a sus lugares de residencia, este pico máximo se da siendo las 6:30 pm, hora en la que un gran número de instituciones dan por terminadas sus labores académicas, más adelante en la estación Provenza se observa un incremento en el ascenso de pasajeros, los cuales tienen como destinos Lagos II y Bucarica, de igual manera ocurre este mismo evento en el descenso de pasajeros en las tres principales estaciones del recorrido. En el tramo Cañaverál-UIS; se observa un descenso equilibrado de pasajeros lo que ratifica la ubicación estratégica de las paradas del trayecto. El mayor número de pasajeros a bordo de la ruta se da en el parque Turbay con 75 pasajeros pero no llega a su capacidad máxima del padrón que son 90 personas.

Ruta P-6 Hora valle (ver anexo 2)

En la figura se puede notar el perfil de carga correspondiente al recorrido de menor demanda en hora valle, este se registró de 9:42 a 10:56 am. Se visualiza un número de pasajeros a bordo relativamente constante a lo largo del recorrido de ida (Bucarica-UIS) que no supera las 20 personas. Para el tramo de regreso (Uis-Bucarica), hay un mayor aprovechamiento de la ruta a lo largo de la carrera 27 con un pico máximo de 40 usuarios a bordo, lo que da a entender que a pesar de las bajas cifras de usuarios, se movilizan más pasajeros de norte a sur de la ciudad en las horas de la mañana; por otra parte se puede notar que la totalidad de los pasajeros van sentados lo que significa mayor comodidad a estas horas del día pero poco productividad para el sistema integrado de transporte masivo.

Cabe resaltar que la creación del parque estación UIS, es una obra de infraestructura que está aportando satisfactorios resultados, puesto que presenta los picos más elevados de ascenso y descenso de pasajeros siendo los estudiantes de las universidades y colegios aledaños los usuarios que más circulan en esta estación.

3.2 RUTA AC1 HORA PICO

(ver anexo 3)

En la gráfica se refleja el perfil de carga de la ruta AC1 para la hora pico, esta se dio entre las 7:23 y 7:48 pm, siendo este el recorrido de mayor ingreso de personas, se puede inducir que en el sector comercial alrededor de cañaveral, dichas personas buscan transporte luego de realizadas sus labores, lo que da una noción de la ubicación estratégica de la estación. Desde cañaveral hasta el retorno altos de bellavista muy pocos usuario ascienden o descienden del autobús, sin embargo un

alto número de pasajeros van a bordo con destino al sector de bellavista zona altamente residencial, en el resto del trayecto el flujo de personas es casi nulo, lo que da a conocer la poca demanda de la ruta en las horas de la noche, no obstante el la hora pico de la mañana y medio día hay mayor número de usuarios con destino a la estación cañaveral.

Ruta AC1 Hora valle (ver anexo 4)

En la figura se muestra el perfil de la hora valle de la ruta AC1, la cual se presentó alrededor de las 9:40 am. Siendo el recorrido más pobre en demanda de pasajeros los cuales no superan las 5 personas a bordo, posiblemente provenientes de sectores como carrera 8, calle 27 y lagos III, con destino a centro comercial la florida, esto representa una pérdida económica para la ruta, puesto que a lo largo de dicho recorrido no se recogieron pasajeros. Existen muchos recorridos en la hora valle, para el número de usuarios que utilizan la ruta AC1, ya que posiblemente en las horas pico de la mañana (6:00 a 8:00 am) la mayoría de usuarios de esta ruta se han dirigido ya a sus lugares de estudio o trabajo haciendo transbordo en la estación cañaveral.

3.3 RUTA AC4 HORA PICO

(ver anexo 5)

La figura se puede observar que el mayor tránsito de personas en las horas pico de la ruta AC4 se da cerca de las 6:46 de la mañana, muchas de ellas se dirigen a los sectores de la UNAB, clínica Ardila Lule y puente peatonal Hormigueros; además, una gran cantidad de usuarios se suben a lo largo del trayecto, con destino a la estación cañaveral o hacer transbordo en la estación panamericana, por esta razón a esta hora se suele superar la capacidad máxima del bus que es cuarenta

y cinco pasajeros satisfaciendo las necesidades del público y al mismo tiempo generando rentabilidad a la ruta.

Ruta AC4 Hora valle (ver anexo 6)

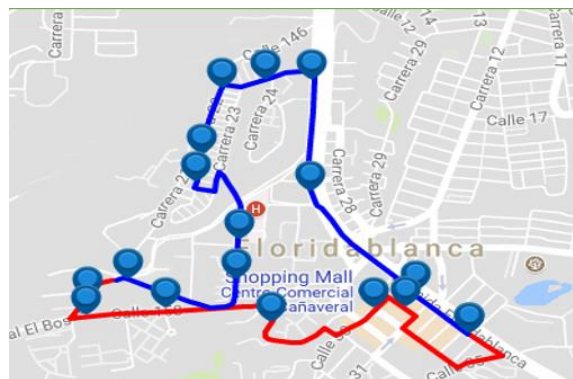
El perfil de carga mostrado en la figura, representa el comportamiento de pasajeros de la ruta AC4 en hora valle de la tarde, se puede confirmar que la UNAB y cañaveral son focos que atraen gran cantidad de pasajeros durante todo el día, el bus alimentador lleva constantemente usuarios a bordo ya sea de ida o de regreso, en el recorrido se movilizan alrededor de 26 personas en una hora valle típica. Cabe resaltar que durante el viaje de la ruta, la cantidad de personas que ascienden y descienden del bus es similar, lo que lleva a tener una distribución equilibrada de pasajeros en todo el recorrido, de esta manera se entiende que el trayecto tiene paradas de gran interés para el público lo que distingue la buena funcionalidad de la ruta AC4.

4. ATRIBUTOS RUTA P6, AC1 Y AC4

El análisis de los atributos se utiliza para mantenerse al tanto de la información específica y características particulares de las rutas, dicho análisis se realiza para tres escenarios, el de mayor demanda de pasajeros en horas pico, el de menor demanda en horas valle y un tercer escenario que abarca el promedio de todos los recorridos aforados. De esta manera se pueden observar los resultados en los escenarios críticos, y el comportamiento generalizado a lo largo del día. A continuación se evidencian los resultados obtenidos.

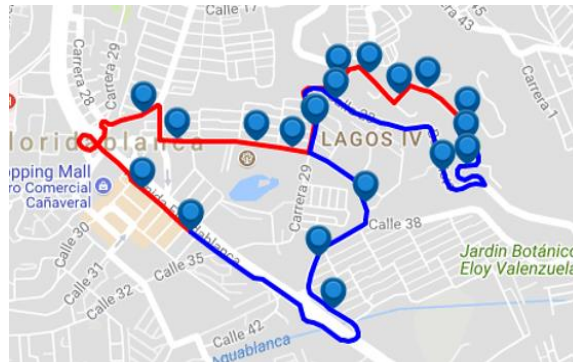
4.1 RECORRIDO DE RUTAS AC1, AC4 Y P6

Figura 4. Recorrido ruta AC1.



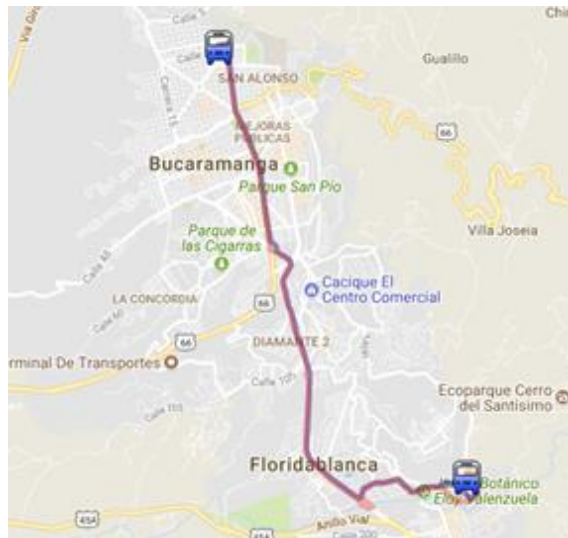
Fuente: metrolínea.

Figura 5. Recorrido ruta AC4.



Fuente: *metrolínea.*

Figura 6. Recorrido ruta P6.



Fuente: *metrolínea.*

4.2 LONGITUDES DE RUTAS P6, AC1 Y AC4.

Usando la herramienta Google maps, se trazaron mediante su instrumento de medición cada una de las rutas mencionadas siguiendo todas sus paradas, donde se obtuvo la longitud correspondiente a cada ruta.

Tabla 2. Tabla longitudes en kilómetros de cada una de las rutas.

RUTA	LONGITUD [KM]
P6	26,15
AC1	6,7
AC4	5,34

4.3 CICLO DE LAS RUTAS

El ciclo es el tiempo que demora la unidad transportadora en hacer todo el recorrido, y se calculo tomando el tiempo a partir de la estación de salida hasta retornar, este tiempo se da en minutos.

Tabla 3. Tabla ciclo de cada una de las rutas.

RUTA		CICLO [MIN]
AC1	PICO	22,52
	VALLE	22,64
	PROMEDIO	22,43
AC4	PICO	21,34
	VALLE	21,75
	PROMEDIO	21,583
P6	PICO	90,16
	VALLE	74
	PROMEDIO	81

4.4 VELOCIDAD COMERCIAL O REAL

Teniendo en cuenta la longitud real de la ruta y el tiempo de recorrido, a continuación, se determina la velocidad real usando la siguiente ecuación:

$$Velocidad\ comercial = \frac{Longitud\ [km]}{Ciclo\ [h]} \quad (1)$$

Tabla 4. Tabla velocidades comerciales o reales de cada una de las rutas.

RUTA	Hora	Longitud	Ciclo	Recorridos diarios	Velocidad comercial o real
		Kilómetros	Minutos	#	Km/hora
AC1	Pico		22,52		16,38
	Valle	6,15	22,64	28	16,29
	Promedio		22,43		16,45
AC4	Pico		21,34		14,98
	Valle	5,33	21,75	29	14,70
	Promedio		21,583		14,81
P6	Pico		90,16		17,32
	Valle	26,03	74	9	21,10
	Promedio		81		19,28

En la tabla 3, de las velocidades comerciales, se puede observar que para las rutas alimentadoras AC1 y AC4, estas velocidades son aceptables debido a que son zonas residenciales en el sector bellavista y comerciales en cañaveral, evidenciando que para la hora pico y valle son relativamente cercanas.

La ruta P6 se presentan velocidades bajas teniendo en cuenta que el recorrido pasa por gran parte de la carrera 27 hasta llegar a Parque Estación UIS; donde se concentra el tráfico de la área metropolitana de Bucaramanga.

4.5 CARGA MÁXIMA

La carga máxima hace referencia a los tramos más cargados de cada ruta. Para ello se tiene en cuenta el ciclo y la demanda, donde la demanda es la máxima cantidad de pasajeros para la hora pico y la mínima cantidad de pasajeros a bordo para la hora valle, esta demanda está dada por [pasajero/día], siendo así, la carga máxima se puede calcular de la siguiente forma:

$$Carga\ máx = \frac{Demanda\ diaria}{Ciclo} \left[\frac{pas}{min} \right] (2)$$

Tabla 5. Tabla carga máxima de cada una de las rutas.

RUTA	HORA	CICLO	DEMANDA	CARGA MAXIMA
		Minutos	Pasajeros	Pasajero/minuto
AC1	PICO	22,52	19	0,84
	VALLE	22,64	4	0,17
	PROMEDIO	22,43	11	0,49
AC4	PICO	21,34	59	2,76
	VALLE	21,75	11	0,50
	PROMEDIO	21,583	27	1,25
P6	PICO	90,16	171	9
	VALLE	74	40	4
	PROMEDIO	81	113,55	

4.6 INTERVALO DE LAS RUTAS

El intervalo determina cada cuanto debe pasar un bus del sistema integrado de transporte para satisfacer la demanda del usuario, las frecuencias de paso o intervalos se clasifican en intervalos para la hora pico de 5 a 8 minutos y para las horas valle entre 10 y 15 minutos [4].el intervalo se calcula se la siguiente manera.

$$intervalo = \frac{carga\ máxima}{capacidad\ automotor} (3)$$

4.7 FLOTA DE LAS RUTAS

La flota es la relación del ciclo de la ruta y el intervalo, la cual debe estar en la capacidad de cubrir la demanda de pasajeros en los horarios establecidos por el sistema⁴. La flota se clasifica en

- Flota operacional, la necesaria para atender cada periodo pico o valle
- Flota efectiva, la necesaria para atender los periodos pico
- Flota de reserva, el 10% por efecto de mantenimiento de los vehículos
- Flota total, que es la flota efectiva más la flota de reserva.

$$Flota = \frac{ciclo [minutos]}{intervalo [minutos/bus]} \quad (4)$$

Tabla 6. Tabla de flota de cada una de las rutas.

RUTA	HORA	CICLO	INTERVALO	FLOTA
		Minutos	Minutos	Buses
AC1	PICO	22,52	53,33	1
	VALLE	22,64	254,7	1
	PROMEDIO	22,43	91,75	1
AC4	PICO	21,34	16,28	2
	VALLE	21,75	88,98	1
	PROMEDIO	21,583	35,97	1
P6	PICO	90,16	10	10
	VALLE	74	22,5	4
	PROMEDIO	81		

La flota de reserva se utiliza en el caso de que se presente algún imprevisto con alguno de los buses en caso de falla mecánica del automotor, accidente o alguna otra externalidad. La cual es necesaria para calcular la flota efectiva o total que es

$$flota\ efectiva = f.operacional + f.reserva \quad (5)$$

⁴ Ibíd.

Tabla 7. Tabla de flota efectiva de cada una de las rutas

Ruta	Hora	Flota operacional	Flota de reserva	Flota efectiva
AC1	PICO	1	1	2
	VALLE	1	1	2
	PROMEDIO	1	1	2
AC4	PICO	2	1	3
	VALLE	1	1	2
	PROMEDIO	1	1	2
P6	PICO	10	1	11
	VALLE	4	4	5
	PROMEDIO			

NOTA: Para las rutas alimentadoras la flota de reserva calculada no alcanza a la unidad, sin embargo es necesario contar con por lo menos un bus de reserva en caso de falla de la flota operacional

La flota efectiva es muy baja para alimentadores, causada por la poca demanda de pasajeros la cual puede ser suplida con máximo tres buses. Diariamente el sistema integrado de transporte masivo utiliza más de un bus, ya que es inaceptable para un usuario esperar por un bus 20 minutos por tal razón, el sistema tiene que recurrir a mayor número de buses para disminuir estos tiempos de espera lo que genera pérdidas económicas en el sistema. Para el caso del P6 el estudio arroja resultados positivos, sabiendo que hay un despacho cada diez minutos, se estima que la flota real sea alrededor de 10 buses, siendo muy cercana a la flota operacional.

4.8 VELOCIDAD OPERACIONAL

La velocidad operacional es la velocidad a la que los buses prestarían un servicio con un desempeño óptimo. En el cálculo de esta velocidad solo se tiene en cuenta los tiempos de operación del auto motor:

Tiempos de movimiento

- Tiempo de aceleración
- Tiempo de desaceleración

Tiempos de espera

- Tiempo de ascenso de pasajeros de pasajeros
- Tiempo de descenso de pasajeros de pasajeros

La velocidad operacional se calcula para cada uno de los recorridos y se promedian para hora pico y para hora valle, puesto que este valor es variable entre recorridos, se obtiene de la siguiente manera:

$$VO_i = \frac{x_i}{\frac{x_i}{V_{\max}} + p(t_a + t_d) + \sum_1^p T_{Ap}} \quad (6)$$

X_i : Extensión del tramo i

V_{\max} : Velocidad máxima en el tramo i

P : Número de paradas del tramo i

$t_a + t_d$: Tiempo de aceleración/desaceleración en una parada

$\sum_1^p T_{Ap}$: Suma de tiempos de atención en las paradas (p) de la línea, en el tramo i

4.9 VELOCIDAD MÁXIMA EN CADA TRAMO (V_{\max} .)

Es la mayor velocidad calculada en unos tramos del recorrido (i). Se calcula para cada uno de los viajes tomando los tramos determinados por la distancia entre cada parada y dividiéndolo entre tiempo transcurrido, posteriormente se toma la mayor velocidad obtenida en el recorrido.

$$\text{Max (vel. } i = \frac{\text{Distancia entre parada y parada}}{t}) \quad (7)$$

4.10 TIEMPO DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN (ta,td)

Los tiempos de aceleración y desaceleración representan una demora importante en el recorrido, esto datos son tomados en campo y son los siguientes:

Tabla 8. Tabla tiempos de movimientos de las rutas

TIEMPOS	PADRÓN	ALIMENTADOR
Tiempo aceleración [s]	5,85	6,72
Tiempo desaceleración [s]	4,925	7,123
Tiempo de parada [s]	26,06	11,987

Los resultados obtenidos son:

Tabla 9. Tabla velocidades operacionales.

RUTA	HORA	VELOCIDA D COMERCI	VELOCIDA D OPERACIO
		km/hora	Km/hora
AC1	PICO	16,385435	42,922
	VALLE	16,298587	46,757
	PROMEDIO	16,451181	44,839
AC4	PICO	14,985942	30,44
	VALLE	14,703448	29,062
	PROMEDIO	14,817217	29,77
P6	PICO	17,322538	59,85
	VALLE	21,105405	58,937
	PROMEDIO	19,281481	60,69

4.11 DESEMPEÑO

Mediante el desempeño se puede valorar el buen funcionamiento de cada una de las rutas, lo cual se manifiesta tanto en la calidad del servicio hacia los usuarios como en los ingresos económicos de la empresa, está directamente relacionado con la velocidad real y la velocidad operacional.

$$Desempeño = \frac{V_{comercial}}{V_{operacional}} * 100 \quad (8)$$

Tabla 10. Tabla desempeño de las rutas.

RUTA	HORA	VELOCIDAD COMERCIAL O REAL	VELOCIDAD OPERACIONAL	DESEMPEÑO
código		km/hora	Km/hora	%
<u>AC1</u>	PICO	16,3854352	42,922	38,17
	VALLE	16,2985866	46,757	34,85
	PROMEDIO	16,4511815	44,839	36,68
<u>AC4</u>	PICO	14,9859419	30,44	49,23
	VALLE	14,7034483	29,062	50,59
	PROMEDIO	14,8172173	29,77	49,77
<u>P6</u>	PICO	17,3225377	59,85	28,94
	VALLE	21,1054054	58,937	35,81
	PROMEDIO	19,2814815	60,69	31,77

Aunque un desempeño del 100% es casi imposible de obtener puesto que la ruta no es expedita y ágil sino que presenta congestión en algunos tramos de su recorrido , los resultados obtenidos en las rutas AC1 y P6 se caracterizan por estar muy por debajo del 40%, resultado que manifiesta condiciones desfavorables sobre la velocidad a la que operan estas rutas, las cuales son demasiado bajas, producto de ciertos factores predominantes en el tránsito de Bucaramanga como la alta congestión, el mal estado de las vías, los cuellos de botella en la ruta p6, y alta semaforización en el caso de la ruta ac1.

En la ruta AC4, aunque el resultado no es cercano al 100% se observa un desempeño relativamente bueno tomando como referencia las demás rutas, este está cerca del 50%, aunque este no es un resultado ejemplar, da una buena noción sobre la velocidad a la que opera esta ruta teniendo en cuenta el mal estado de las vías y alta semaforización que caracteriza esta ruta.

4.12 INVESTIGACIÓN DEL IPK.

El índice de pasajero por kilómetro es el atributo más importante del proyecto, siendo un indicador que permite establecer la eficiencia de un sistema al calcular número de pasajeros que ascienden al bus en relación a cada kilómetro recorrido. En un escenario de costos de operación por kilómetro, será más rentable el sistema que tenga un IPK más alto, pues su ingreso será mayor. Se establece que un IPK consolidado es igual o superior al 7.05⁵ El IPK se determina de la siguiente manera

$$IPK = \frac{\# \text{ de pasajeros}}{L. \text{ ruta en kilometros}} \quad (9)$$

En la siguiente tabla se tiene una escala de la valoración de la eficiencia con base al IPK.

Tabla 10. Tabla rangos de eficiencia del IPK.

RANGO IPK		CALIFICACIÓN
0	1	Pésimo
1	2	Malo
2	3	Regular
3	4	Aceptable
4	5	Bueno
5	6	Optimo
6	7	Consolidado

Fuente: Documento mejoramiento del SIT, L.D Arévalo 2017.

A continuación se refleja la eficiencia de las rutas AC1, AC4 y P6 para cada contexto, hora pico, hora valle y promedio a lo largo del día.

⁵ DPN, Documento CONPES 3370, del 1 de agosto de 2005.

Tabla 11. Tabla eficiencia en función del IPK.

RUTA	HORA	IPK	EFICIENCIA
código		Pasajeros/km	Descriptiva
AC1	PICO	3	Regular
	VALLE	1	Pésimo
	PROMEDIO	2	Malo
AC4	PICO	11	Consolidado
	VALLE	2	Malo
	PROMEDIO	5	Bueno
P6	PICO	7	Consolidado
	VALLE	2	Malo
	PROMEDIO	4	Aceptable

Los IPK calculados muestran que la ruta AC1 presenta una eficiencia promedio mala, donde la ruta podría tener un déficit con relación a la utilidad económica. La ruta AC4 y P6 obtuvo una eficiencia buena y aceptable respectivamente, la cual arroja resultados favorables en sus escenarios pico, lo que podría traducirse para el sistema como balances económicos positivos y buena prestación del servicio.

5. ANÁLISIS PRELIMINAR ECONÓMICO.

Se tienen en cuenta dos factores de suma importancia, el primero es el costo de operación, el cual representa el valor monetario gastado en un kilómetro recorrido; que para los alimentadores AC1 y AC4 es de \$3597,18 pesos y para el padrón es \$3.905,7⁶. El segundo factor es el valor de la tarifa la cual es de \$2100 pesos, para el año 2017⁷.

Las ganancias o pérdidas calculadas en el siguiente análisis son las obtenidas por los operadores (movilizamos y metrocinco plus), que son quienes luego de hacer la distribución a los distintos entes participantes, obtienen, el valor de la ganancia o pérdida neta, los entes participantes se muestran a continuación:

Tabla 12. Tabla distribución de utilidades a los participantes.

PARTICIPANTE	PORCENTAJE
TISA	13,50%
METROLINEA S.A.	6,85%
FUNCIONAMIENTO SITP (Adecuación, mantenimiento de la operación y convenio de la policía nacional)	4,79%
CONTINGENCIAS JUDICIALES	1,87%
AMB	5\$ / VALIDACION

Fuente: *metrolínea.*

Para este análisis se ilustraran dos tablas

1. se realizará un análisis preliminar económico donde se toman todos los recorridos aforados durante el día.

⁶ ARÉVALO DURAN. L. D, Documento del Planteamiento de la Propuesta de Mejoramiento del SITM y STPC, 2017

⁷ ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA (AMB), Subdirección de Transporte, N.A.

2. Se tienen en cuenta dos recorridos críticos (pico y valle) de cada una de las rutas. Se tomara para el recorrido pico el de mayor demanda de pasajeros y el menor para el valle, en síntesis se puede observar la ganancia o pérdida de cada uno de ellos.

Nota: Cabe aclarar que el siguiente análisis preliminar económico solo representa las ganancias o pérdidas de los despachos tomados como muestra, por lo que no representan la realidad economía de las rutas en general.

5.1. COSTOS DE OPERACIÓN FRENTE A INGRESOS DE LA RUTA AC1.

Tabla 13. Tabla ganancia o pérdida ruta AC1.

costo de la operación	3.597,18
km recorrido por ruta	6,15
numero de recorridos	28
Egresos diarios de la ruta	619.434,40
INGRESOS DIARIOS DE LA RUTA	
pasajeros transportados	320
costo pasaje	2.100,00
Ingreso total diario	672.000,00
GANANCIA O PERDIDA	-130541,596

Tabla 14. Tabla ganancia o pérdida ruta hora pico y valle AC1.

DETALLE	VALLE	PICO	UNIDADES
Costo de la operación	3.597,18	3.597,18	\$/KM
Km recorrido por ruta	6,15	6,15	KM
Costo pasaje	2.100	2.100	\$
Pasajeros movilizados	4	19	Pasajeros
Egreso del recorrido	22122,657	22122,657	\$
Ingreso del recorrido	8.400,00	39.900	\$
GANANCIA O PERDIDA	16011,4	6905,35	\$

En esta ruta se puede notar un gran déficit económico, puesto que en la hora valle se tiene una pérdida de \$16.011,49 y en el recorrido donde se transportaron más pasajeros hay una ganancia poco significativa de \$6.905,353 pesos. Estos resultados conducen a una pérdida al final del día de \$13.0541, 59; lo que deja una evidencia que esta ruta alimentadora está trabajando sobre pérdidas.

Tabla 15. Tabla ganancia o pérdida ruta AC4.

costo de la operación	3.597,18
km recorrido por ruta	5,33
numero de recorridos	29
Egresos diarios de la ruta	556.016,11
INGRESOS DIARIOS DE LA RUTA	
pasajeros transportados	789
costo pasaje	2.100
Ingreso total diario	1.656.900,00
GANANCIA O PERDIDA	649.410,20

Tabla 16. Tabla ganancia o pérdida ruta hora pico y valle AC4.

DETALLE	VALLE	PICO	UNIDADES
Costo de la operación	3.597,18	3.597,18	\$/KM
Km recorrido por ruta	5,33	5,33	KM
Costo pasaje	2.100	2.100	\$
Pasajeros movilizados	11	59	Pasajeros
Egreso del recorrido	19172,9694	19172,969	\$
Ingreso del recorrido	23.100,00	123.900,00	\$
GANANCIA O PERDIDA	-2367,2794	70966,640	\$

En esta ruta se refleja la gran demanda de pasajeros, a pesar de ser una ruta tan corta, solo presenta una pequeña pérdida en un recorrido de hora valle de \$ 2.367,27; pero es despreciable frente a las ganancias en el resto de recorridos, donde hay mayor pedido de esta ruta alimentadora por parte de pasajeros. Esta ruta

presenta una muy buena utilidad durante todo el día, la cual es de \$ 649.410,20 pesos dejando saldos positivos para el sistema.

Tabla 17. Tabla ganancia o pérdida ruta P6

costo de la operación	3.905,71
km recorrido por ruta	26,03
numero de recorridos	9
Egresos diarios de la ruta	914.990,68
INGRESOS DIARIOS DE LA RUTA	
pasajeros transportados	1.032
costo pasaje	2.100
Ingreso total diario	2.167.200,00
GANANCIA O PERDIDA	661688,5983

Tabla 18. Tabla ganancia o pérdida ruta hora pico y valle P6

DETALLE	VALLE	PICO	UNIDADES
Costo de la operación	3.905,71	3.905,71	\$/KM
Km recorrido por ruta	26,03	26,03	KM
Costo pasaje	2.100	2.100	\$
Pasajeros movilizados	41	171	Pasajeros
Egreso del recorrido	101665	10166	\$
Ingreso del recorrido	86.100,00	359.100	\$
GANANCIA O PERDIDA	-39026	15958	\$

En el análisis económico de la ruta P6 se observa un panorama general con ganancias bastante significativas para la empresa transportadora, con un ingreso de \$661.688 día típico. En relación al recorrido de menor demanda de pasajeros se puede ver una pérdida de \$39.026; una magnitud baja respecto al número de pasajeros que puede llegar a movilizar este bus padrón, en el recorrido de mayor flujo de usuarios se tienen ganancias cercanas a los \$160.000; rendimiento relativamente mediano que hace sostenible la economía de la ruta P6.

6. CONCLUSIONES

- En ninguna de las rutas se llegó a obtener la capacidad máxima del automotor, las rutas AC4 y P6 se caracterizan por contar con una gran demanda de pasajeros especialmente en sus horas pico, mientras que en la ruta AC1 se pudo notar el poco aprovechamiento, llegando a la cifra de cinco pasajeros transportados en los despachos más críticos.
- La ruta AC4 cuenta con un recorrido corto, pero de gran utilidad para los usuarios. Por otro lado, las rutas AC1 y P6 presentan una gran diferencia entre la velocidad real y la operacional dando como resultado desempeños que no superan el cuarenta por ciento, razón por la que la ruta P6 presenta una desigualdad significativa en ciclos y velocidades según la hora del día, debida a la congestión vehicular que se presenta a lo largo de la carrera 27 en las horas pico, mientras que la ruta AC4 por contar con una longitud corta de recorrido ve aumentado su desempeño a valores cercanos al cincuenta por ciento.
- Según el Documento CONPES 3370, en la ciudad de Bucaramanga se puede considerar una ruta con eficiencia consolidada, si presenta un Índice de Pasajeros por Kilómetro igual o superior a 7.05, en base a esto las rutas AC4 es la mejor calificada de las rutas en estudio, puesto que en horas pico presentando un IPK de 11 unidades, la ruta P6 también cuenta con una eficiencia consolidada, en sus recorridos de mayor demanda, sin embargo tiene un desbalance económico debido a la baja velocidad de operación.
- Teniendo en cuenta la flota actual con la que cuentan las rutas AC1 Y P6, se pudo notar que hay una sobreoferta de despachos, y por consiguiente de la flota actual, lo que evidencia la mala planificación operativa de las rutas, lo que

incrementa en gran medida los costos de operacion, especialmente en la ruta AC1. La ruta AC4 cuenta con una flota adecuada para cubrir la demanda de pasajeros, debido a la gran afluencia de pasajeros, donde hay intervalos entre despachos de cinco minutos.

- La ruta AC1 presenta pérdidas económicas en todos los recorridos pertenecientes a horas valle, sin embargo los intervalos de despachos no varían durante el día, además no logra recolectar en casi ninguno de los despachos los costos de operación, lo que ratifica la inminente necesidad de hacer una reforma en la operación de esta ruta. En el caso de las ruta P6 de observa desigualdad en horas pico y valle, puesto que hay ganancias importantes en horas pico pero el balance general se ve afectado por los escenarios valle. Caso similar ocurre en la ruta ac4, sin embargo esta última, representa ganancias significativas para el SITM debido a la gran demanda en horas pico.

7. RECOMENDACIONES

- El problema de la ruta AC1 radica en el poco uso y beneficio que esta ruta brinda a los usuarios del barrio lagos II y el sector de bellavista, es por esto, que se presentan tramos extensos del recorrido donde el ascenso de pasajeros es mínimo, por lo que se propone eliminar dos paradas (carrera 28 – calle 8 y casetas bucarica), donde según la recolección de datos en los aforos no hubo ascenso o descenso de pasajeros en ninguno de los recorridos. Por otra parte se recomienda reducir el número de despachos, ampliando el intervalo de cinco minutos a diez minutos y de esta manera disminuir la oferta de recorridos y costos de operación.
- La problemática de la ruta P6 predomina en los dos escenarios, en las pérdidas producidas en las horas de menor congestión de pasajeros y a la baja velocidad de operación en las horas pico puesto que la carrera 27 normalmente esta congestionada, lo que reduce significativamente el desempeño, por tal razón esta ruta opera con una eficiencia promedio aceptable , pero se podría llegar a mejorar a buena, recomendando la creación del uso exclusivo de carril de metrolínea por toda la carrera 27 y de esta manejar la velocidad de operación y disminuir tiempos de recorridos.

BIBLIOGRAFÍA

ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA (AMB), Subdirección de Transporte, N.A.

ARÉVALO DURAN. L. D, Documento del Planteamiento de la Propuesta de Mejoramiento del SITM y STPC, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DPN), Documento CONPES 3298. República de Colombia, 26 de julio de 2004.

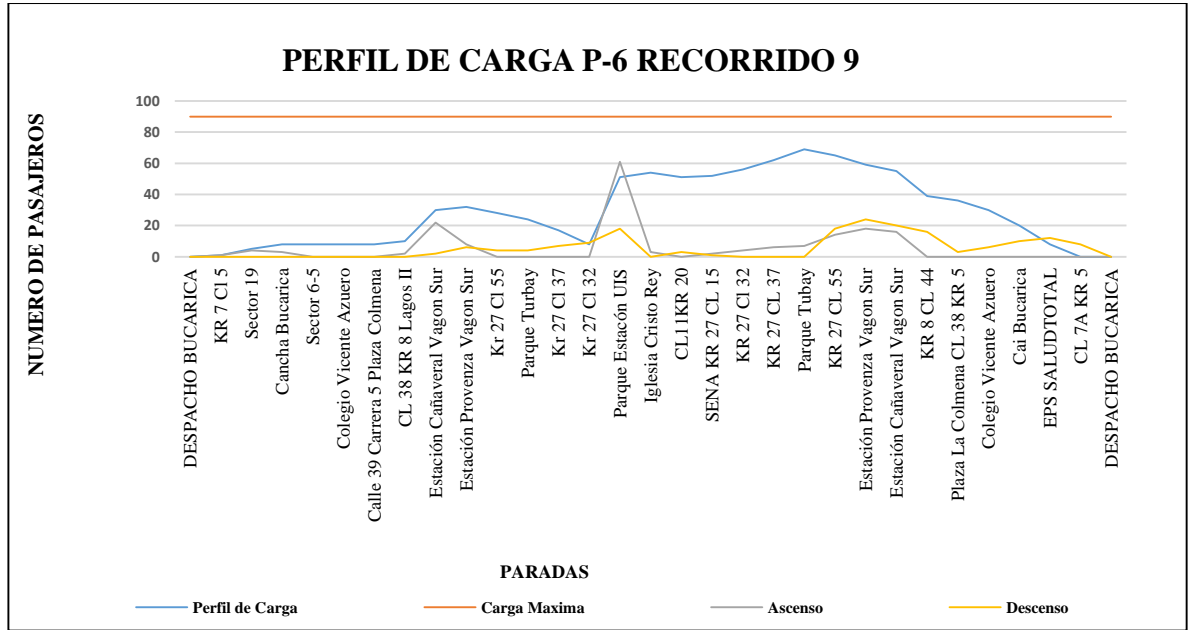
DPN, Documento CONPES 3370, del 1 de agosto de 2005.

METROLINEA Quienes somos, <http://www.metrolinea.gov.co/v3.0/quienes-somos/metrolinea>, diciembre 2017

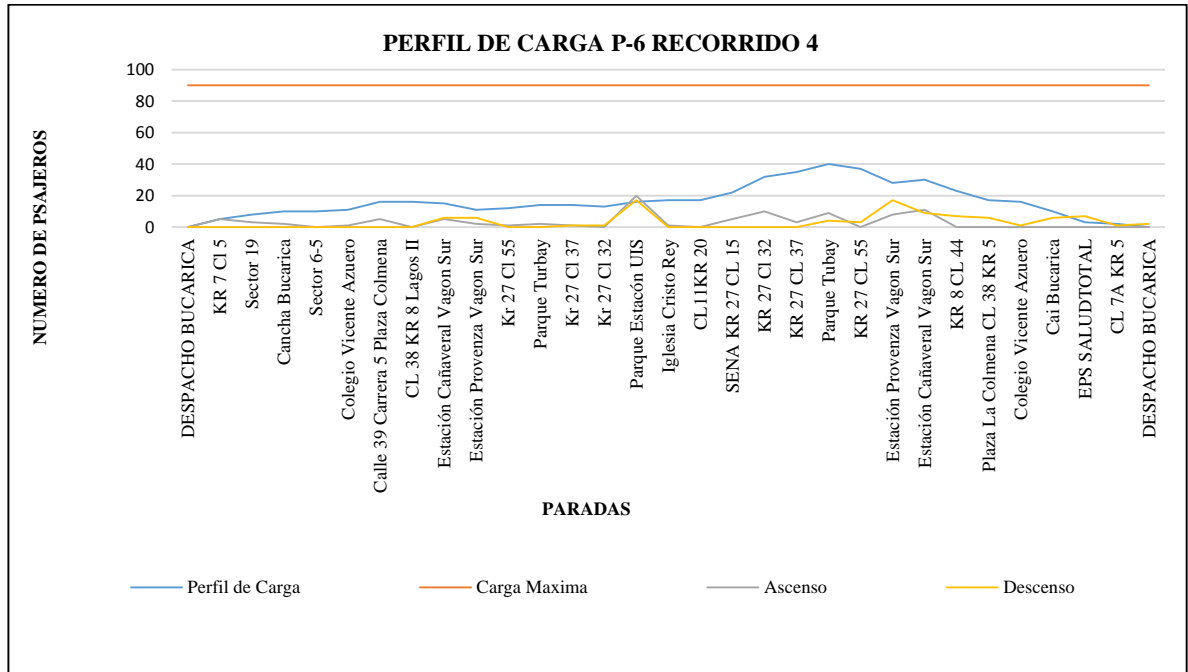
MINISTERIO DE TRANSPORTES (MinTransportes), Base de datos, N.A.

ANEXOS

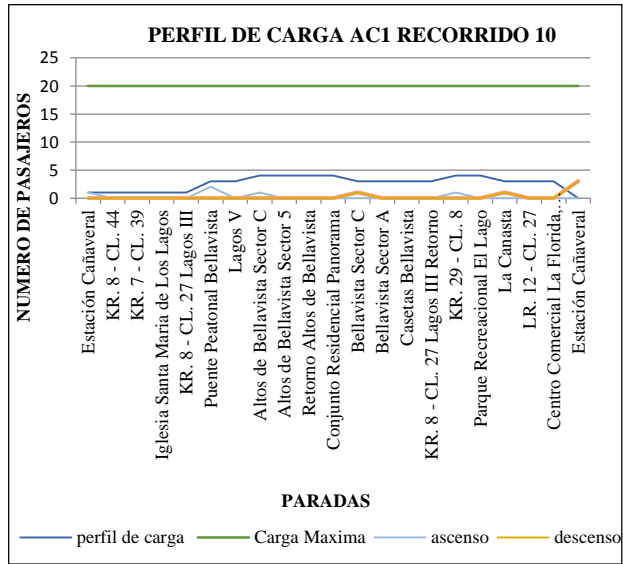
Anexo A. Perfil de carga P6 hora pico recorrido



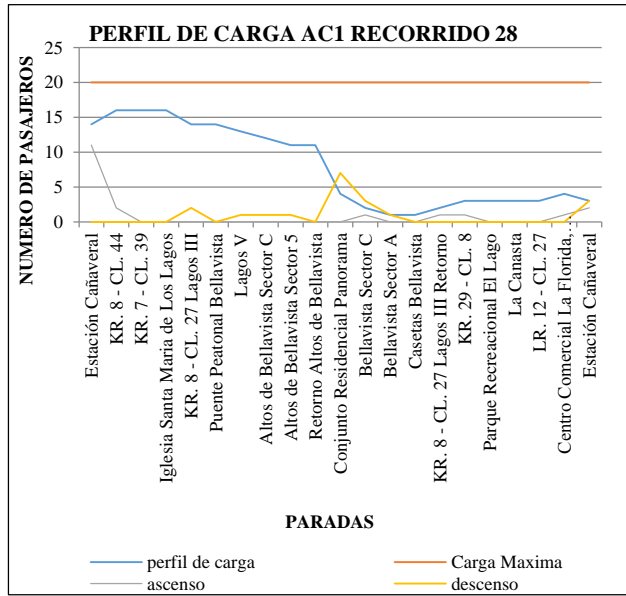
Anexo B. Perfil de carga P6 hora valle recorrido 4



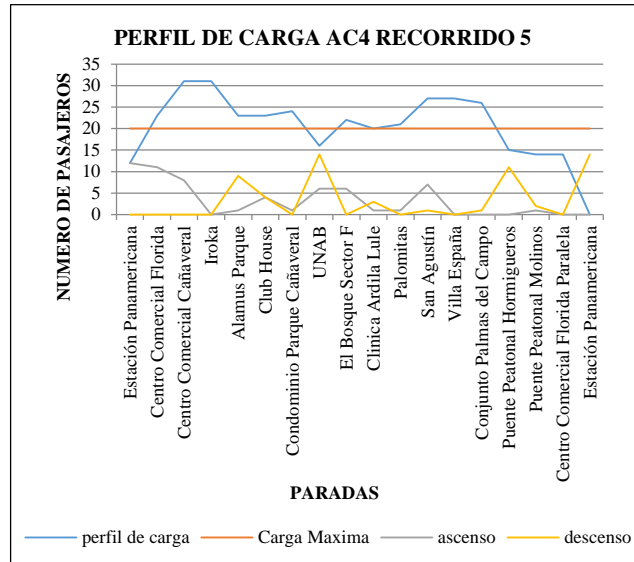
Anexo C. Perfil de carga AC1 hora valle recorrido 10.



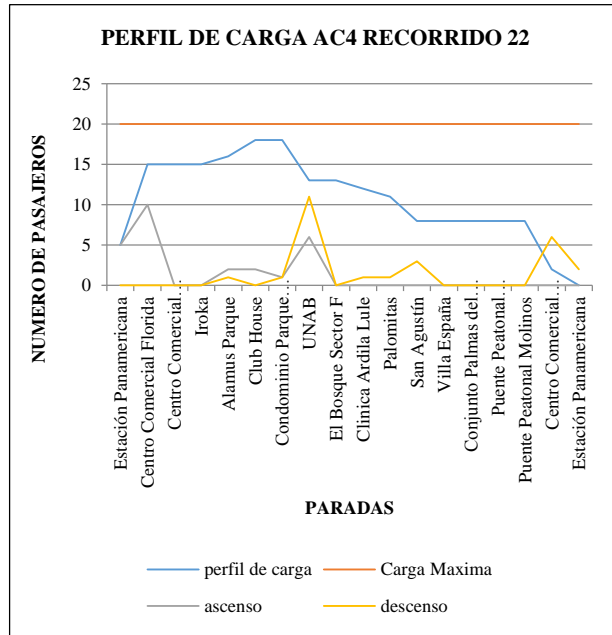
Anexo D. Perfil de carga AC1 hora pico recorrido 28.



Anexo E. Perfil de carga AC4 hora pico recorrido 5.



Anexo F. Perfil de carga AC4 hora valle recorrido 22.



Anexo G. Resumen atributos rutas P6, AC1 y AC4.

RUTA	HORA	LONGITUD	CICLO	RECORRIDOS DIARIOS	VELOCIDAD COMERCIAL O REAL	VELOCIDAD OPERACIONAL	DEMANDA	CARGA MAXIMA	INTERVALO	FLOTA	CAPACIDAD	IPK	EFICIENCIA	DESEMPEÑO
codigo		Kilometros	Minutos	#	km/hora	Km/hora	pasajeros	Pasajeros/minuto	Minutos	Buses	Pasajeros	Pasajeros/km	Descriptiva	%
AC1	PICO		22,52		16,39	42,92	19	0,84	53,34	1		3	Regular	38,17
	VALLE	6,15	22,64	28	16,30	46,76	4	0,18	254,70	1	45	1	Pésimo	34,86
	PROMEDIO		22,43		16,45	44,84	11	0,49	91,76	1		2	Malo	36,69
AC4	PICO		21,34		14,99	30,44	59	2,76	16,28	2		11	Consolidado	49,23
	VALLE	5,33	21,75	29	14,70	29,06	11	0,51	88,98	1	45	2	Malo	50,59
	PROMEDIO		21,583		14,82	29,77	27	1,25	35,97	1		5	Bueno	49,77
P6	PICO		90,16		17,32	59,85	171	9,00	10,00	10		7	Consolidado	28,94
	VALLE	26,03	74	9	21,11	58,94	40	4,00	22,50	4	90	2	Malo	35,81
	PROMEDIO		81		19,28	60,69	113,55					4	Aceptable	31,77