

**DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO
MEDIANTE LA REVISION OPERACIONAL DE LAS RUTAS ALIMENTADORAS
AP1, AP2, AP3, AP5, AP7 Y AP12.**

**LUIS MAURICIO CÁRDENAS OSORIO
EDELBERTO VÁSQUEZ GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017**

**DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO
MEDIANTE LA REVISION OPERACIONAL DE LAS RUTAS ALIMENTADORAS
AP1, AP2, AP3, AP5, AP7 Y AP12.**

**LUIS MAURICIO CÁRDENAS OSORIO
EDELBERTO VÁSQUEZ GONZÁLEZ**

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**DIRECTOR
LUIS DAVID AREVALO DURAN
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017**

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO | 15 |
| 2. DEMANDA DE VIAJES DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO | 16 |
| 2.1 RECORRIDO DE LAS RUTAS | 16 |
| 2.1.1 Ruta alimentadora AP1: Provenza –El Reposo | 16 |
| 2.1.2 Ruta alimentadora AP2: Provenza – El Carmen | 17 |
| 2.1.3 Ruta alimentadora AP3: Provenza – Toledo Plata – Porvenir..... | 18 |
| 2.1.4 Ruta alimentadora AP5: Provenza – Ciudad Venecia..... | 18 |
| 2.1.5 Ruta alimentadora AP7: Provenza – Comultrasan..... | 19 |
| 2.1.6 Ruta alimentadora AP12: Provenza – UDES | 20 |
| 2.2 LONGITUD DEL RECORRIDO | 21 |
| 2.3 CICLO | 22 |
| 2.4 VELOCIDAD OPERACIONAL | 22 |
| 2.5 VELOCIDAD COMERCIAL O REAL | 22 |
| 2.6 DEMANDA DIARIA | 23 |
| 2.7 CARGA MÁXIMA HORARIA..... | 23 |
| 2.8 SÍNTESIS DE LOS ATRIBUTOS HASTA EL MOMENTO | 24 |
| 2.8.1 AP1 | 24 |
| 2.8.2 AP2 | 24 |
| 2.8.3 AP3: | 25 |
| 2.8.4 AP5 | 25 |
| 3.8.5 AP7 | 25 |

| | |
|--|----|
| 2.8.6 AP12 | 26 |
| 3. ESTRUCTURA DE LA OFERTA DEL SITM | 27 |
| 3.1 CAPACIDAD DE LA FLOTA UTILIZADA EN LAS RUTAS OBJETO DE ESTUDIO | 27 |
| 3.2 FLOTA ASIGNADA PARA SUPLIR CADA UNA DE LAS RUTAS | 27 |
| 4. INVESTIGACIÓN DEL IPK (ÍNDICE DE PASAJEROS POR KILÓMETRO)..... | 28 |
| 4.1 IPK POR TIPOLOGÍA DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS PRESENTADAS EN CADA UNA DE LAS RUTAS A ANALIZAR. | 28 |
| 4.2 MEDIDA DE DESEMPEÑO Y EFICIENCIA DE LA RUTA, FRENTE AL PERFIL DE CARGA..... | 29 |
| 5. INTERVALO Y CALCULO DE FLOTA SUFICIENTE..... | 30 |
| 5.1 INTERVALO..... | 30 |
| 5.2 FLOTA SUFICIENTE | 30 |
| 6. ANÁLISIS PRELIMINAR ECONÓMICO | 32 |
| 6.1 ANÁLISIS DE LA TARIFA DEL SITM | 32 |
| 6.2 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA RUTA POR KILÓMETRO..... | 32 |
| 6.3 ANÁLISIS PRELIMINAR COMPARATIVO ENTRE LOS INGRESOS TARIFARIOS Y LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE CADA RUTA DIAGNOSTICADA. | 33 |
| 7. CONCLUSIONES | 36 |
| 8. RECOMENDACIONES | 44 |
| CITAS BIBLIOGRÁFICAS | 45 |

BIBLIOGRAFÍA.....46

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Recorrido ruta AP1. | 17 |
| Figura 2. Recorrido ruta AP2 | 17 |
| Figura 3. Recorrido ruta AP3. | 18 |
| Figura 4. Recorrido ruta AP5. | 19 |
| Figura 5. Recorrido ruta AP7. | 20 |
| Figura 6. Recorrido ruta AP12 | 21 |
| Figura 7. Gráfica de pasajeros en la ruta AP1 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada. | 36 |
| Figura 8. Gráfica de pasajeros en la ruta AP2 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada. | 37 |
| Figura 9. Gráfica de pasajeros en la ruta AP3 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada. | 37 |
| Figura 10. Gráfica de pasajeros en la ruta AP5 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada. | 38 |
| Figura 11. Gráfica de pasajeros en la ruta AP7 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada. | 38 |
| Figura 12. Gráfica de pasajeros en la ruta AP12 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada. | 39 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1 Longitudes en kilómetros de cada una de las rutas en observación..... | 21 |
| Tabla 2. Resumen de los atributos de la ruta AP1..... | 24 |
| Tabla 3. Resumen de los atributos de la ruta AP2..... | 24 |
| Tabla 4. Resumen de los atributos de la ruta AP3..... | 25 |
| Tabla 5. Resumen de los atributos de la ruta AP5..... | 25 |
| Tabla 6. Resumen de los atributos de la ruta AP7..... | 26 |
| Tabla 7. Resumen de los atributos de la ruta AP12..... | 26 |
| Tabla 8. Flotas asignadas por Metrolinea. | 27 |
| Tabla 9. Rangos de clasificación IPK..... | 28 |
| Tabla 10. Desempeño de las rutas alimentadoras..... | 29 |
| Tabla 11. Intervalos y flotas suficientes. | 31 |
| Tabla 12. Flota operacional calculada Vs Flota actual de Metrolinea. | 31 |
| Tabla 13. Costos de operación por Km por tipología de unidad transportadora. | 32 |
| Tabla 14. Número de viajes, kilómetros recorridos y pasajeros transportados durante la colección de los aforos..... | 33 |
| Tabla 15. Comparación de costos de operación contra los ingresos del sistema.. | 33 |
| Tabla 16. Número de viajes, kilómetros recorridos y pasajeros transportados durante la colección de los aforos. (Omitiendo estación Provenza)..... | 34 |
| Tabla 17. Comparación de costos de operación contra los ingresos del sistema. (Omitiendo estación Provenza)..... | 35 |

LISTA DE ANEXOS

Los anexos pueden ser consultados en la carpeta llamada “Anexos” del cd presentado en la biblioteca de la universidad

Anexo A: Formato Sube y Baja AP1.

Anexo B: Formato Sube y Baja AP2.

Anexo C: Formato Sube y Baja AP3.

Anexo D: Formato Sube y Baja AP5.

Anexo E: Formato Sube y Baja AP7.

Anexo F: Formato Sube y Baja AP12.

RESUMEN

TITULO: DIAGNOSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO MEDIANTE LA REVISION OPERACIONAL DE LAS RUTAS ALIMENTADORAS AP1, AP2, AP3, AP5, AP7 Y AP12.*

AUTOR: LUIS MAURICIO CÁRDENAS OSORIO
EDELBERTO VÁSQUEZ GONZÁLEZ**

PALABRAS CLAVE: Movilidad, sistema integral de transporte masivo, atributos, eficiencia.

La grave problemática de movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga, ha impulsado la búsqueda de soluciones viables a esta situación. Por esa razón, se formula la ejecución del proyecto desarrollado a continuación que pretende dar un diagnóstico operativo que tenga una cercanía considerablemente alta a la realidad, de las rutas alimentadoras AP1, AP2, AP3, AP5, AP7, AP12 del sistema integral de transporte masivo (SITM) del Área metropolitana de Bucaramanga. Para comenzar con el desarrollo de esta propuesta se empleó el método de “ascenso y descenso de pasajeros”, método avalado, recomendado y utilizado en este tipo de investigación, que consiste en realizar la toma de muestras en un día tipo y durante un intervalo amplio de tiempo en dicho día, para todas las rutas a analizar. Esto con el fin de definir los atributos y características de cada una de las rutas en análisis y, con mencionados atributos obtenidos, evidenciar la eficiencia que esta medida por el IPK (Índice de pasajeros por kilómetro) y el desempeño que está atado a la velocidad operacional y la velocidad real, para encontrar las falencias administrativas, operativas y económicas del sistema, y de esta manera hacer el respectivo diagnóstico general de las citadas rutas alimentadoras.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías fisicomecánicas, escuela de Ingeniería Civil Director. Luis David Arevalo Duran

ABSTRACT

TITLE: GENERAL DIAGNOSIS OF THE MASS TRANSPORTATION SYSTEM THROUGH THE OPERATIONAL REVIEW OF THE FEEDING ROUTES AP1, AP2, AP3, AP5, AP7 AND AP12*

AUTHOR: LUIS MAURICIO CÁRDENAS OSORIO
EDELBERTO VÁSQUEZ GONZÁLEZ **

KEYWORDS: Mobility, integrated system of mass transport, attributes, efficiency.

The serious problem of mobility in the metropolitan area of Bucaramanga has driven the search for viable solutions to this situation. For that reason, the formula of the execution of the project was developed so that it has an operative diagnosis that has a high proximity to the reality, of the routes of feeding AP1, AP2, AP3, AP5, AP7, and AP12 of the integral system of massive transport (SITM) of the metropolitan area of Bucaramanga. To begin with, the development of this proposal, the method of "passenger ascent and descent" was used, the endorsed method, used and used in this type of investigation, which consists in taking samples in one day and during a wide interval of time. Time on that day, for all the routes to analyze. This in order to define the attributes and characteristics of each of the routes under analysis and, based on the normal, show the efficiency that is measured by the IPK (Passenger Index per kilometer) and the performance that is tied to the operational speed and the real speed, to find the administrative, operative and economic functions of the system, and in this way to make the general diagnostic respect of the routes feeder routes.

* Project of grade

** Faculty of Physicomechanical Engineering, School of Civil Engineering Director. Luis David Arevalo Duran

INTRODUCCIÓN

Las zonas urbanas en el país, como el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), son el entorno vital de la mayoría de la población colombiana, por esta razón es indispensable que la calidad de vida brindada en ellas sea lo más alta posible. Partiendo de lo anteriormente mencionado, el mejoramiento en la movilidad es de crucial importancia para el desarrollo y el bienestar de los habitantes de la ciudad y los dependientes de ella, ya que su impacto toca a una variedad de sectores de manera directa, lo que la convierte en una problemática a tratar de manera inmediata, por tal motivo en el AMB se implementa el SITM “Metrolinea” cuyo propósito era solucionar y satisfacer las necesidades de movilidad de todos los habitantes de la ciudad pero que desde el primer momento de su implementación presento una cantidad de inconvenientes lo que han generado grandes pérdidas económicas y de credibilidad de los entes que regulan este sistema; toda esta serie de errores han dado paso a nuevas formas de transporte esencialmente informal e ilegal, lo que ha empeorado la situación de manera drástica.

Por esta razón a partir del estudio realizado se identificarán los atributos de las rutas alimentadoras AP1, AP2, AP3, AP5, AP7, AP12, del sistema de SITM de la ciudad, con la finalidad de verificar el comportamiento operacional de estas rutas, identificar posibles fallos y proponer soluciones que permitan mitigar en un futuro cercano las falencias de movilidad del AMB y que incrementen la calidad de vida de los bumangueses.

1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO.

Se llevo a cabo una investigación de toda la información de las rutas alimentadoras del SITM, AP1, AP2, AP3, AP5, AP7 y AP12, [1] para determinar la actividad de estas y los días de mayor uso del sistema.

Se realizaron los aforos de las rutas para obtener la información de los atributos, teniendo en cuenta los días en los que se le da mayor uso al sistema. Implementado el método de ascenso y descenso de pasajeros, se asignaron dos personas para aforar cada ruta alimentadora durante las horas valle y horas pico.

Se registró la información de los aforos en los formatos diseñados [2], en los cuales se consignaron datos como, información de los pasajeros que ascendieron, descendieron, los pasajeros que iban a bordo, el inicio y fin de cada recorrido, así como la hora de llegada en cada parada, tiempos de aceleración y desaceleración de cada una de las rutas y finalmente, anotaciones u observaciones de los recorridos.

2. DEMANDA DE VIAJES DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO

Inicialmente se procede a recolectar el mayor de número de información disponible de las rutas de interés, algunos parámetros de esta información son conocidos como los “atributos” de una ruta. Estos citados atributos, y su respectivo análisis, serán las bases del desarrollo de esta investigación y en consecuencia serán los que determinen las conclusiones alcanzadas en este estudio.

De los atributos recolectados y que fueron suministrados por la base de datos del agente prestador del servicio (Metrolínea) se encuentran:

2.1 RECORRIDO DE LAS RUTAS

2.1.1 Ruta alimentadora AP1: Provenza –El Reposo La ruta alimentadora AP1 tiene como principales paradas Est. Provenza Oriental/ Mirador de San Lorenzo/ Plaza Satélite/ Zapamanga/ Campanazo/ Oasis/ Reposo/ San Bernardo/ Zapamanga/ Niza/ Est. Provenza Oriental. Así mismo su funcionamiento está atado a la siguiente información:

Horario días hábiles: 4:48 am – 11:00 pm

Frecuencias: Hora pico 7min – Hora valle 10min.

Sábados: 4:48 am – 10:02 pm.

Frecuencias: Hora pico:8min – Hora valle 12min.

Domingos y festivos: 5:30 am- 10:00 pm

Frecuencia: 15 min.

Figura 1. Recorrido ruta AP1.



Fuente: Metrolinea.

2.1.2 Ruta alimentadora AP2: Provenza – El Carmen La ruta alimentadora AP2 tiene como principales paradas Est. Provenza Oriental/ Portón del Tejar/ Tranv. Oriental/ Zapamanga/ Villa Luz/ El Carmen/ Las Villas/ Zapamanga/ Niza/ Est. Provenza Oriental. Así mismo su funcionamiento está atado a la siguiente información:

Horario días hábiles: 4:45 am – 11:00 pm

Frecuencias: Hora pico 8min – Hora valle 10min.

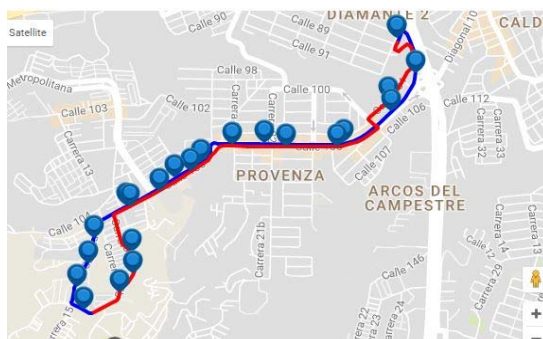
Sábados: 4:50 am – 10:00 pm.

Frecuencias: Hora pico:7min – Hora valle 10min.

Domingos y festivos: 5:00 am- 9:00 pm

Frecuencia: 15 min.

Figura 2. Recorrido ruta AP2



Fuente: Metrolinea

2.1.3 Ruta alimentadora AP3: Provenza – Toledo Plata – Porvenir La ruta alimentadora AP3 tiene como principales paradas Est. Provenza Oriental/ CII 105/ Colegio Divino Niño/ Toledo Plata/ Dangond/ Cancha la Petaca/ Malpaso/ CII 105/ Est. Provenza Oriental. Así mismo su funcionamiento está atado a la siguiente información:

Horario días hábiles: 4:40 am – 11:00 pm

Frecuencias: Hora pico 7min – Hora valle 10min.

Sábados: 4:50 am – 10:00 pm.

Frecuencias: Hora pico:8min – Hora valle 12min.

Domingos y festivos: 5:30 am- 10:00 pm

Frecuencia: 15 min.

Figura 3. Recorrido ruta AP3.



Fuente: Metrolinea.

2.1.4 Ruta alimentadora AP5: Provenza – Ciudad Venecia La ruta alimentadora AP5 tiene como principales paradas Est. Provenza Oriental/ Diamante 2/ Fontana/ Ciudad Venecia/ Coaviconsal/ Manuela Beltrán/ Fontana/ San Luis/ Diamante 2/ Est. Provenza Oriental. Así mismo su funcionamiento está atado a la siguiente información:

Horario días hábiles: 4:45 am – 11:00 pm

Frecuencias: Hora pico 8min – Hora valle 10min.

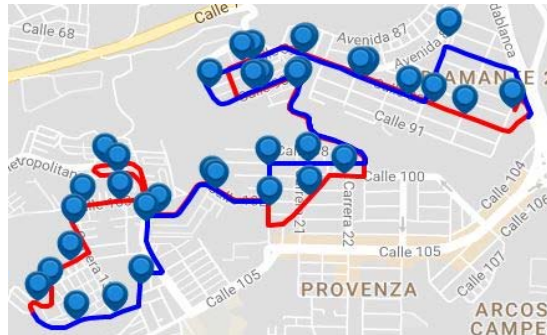
Sábados: 4:45 am – 10:00 pm.

Frecuencias: Hora pico:8min – Hora valle 12min.

Domingos y festivos: 5:30 am- 10:00 pm

Frecuencia: 15 min.

Figura 4. Recorrido ruta AP5.



Fuente: Metrolinea.

2.1.5 Ruta alimentadora AP7: Provenza – Comultrasan La ruta alimentadora AP7 tiene como principales paradas Est. Provenza Oriental/ Cll 105/ Cra 23S/ Cll 111/ Coomultrasan/ Cristal Alto/ Cra 22/ Cll 104/ Est. Provenza Oriental. Así mismo su funcionamiento está atado a la siguiente información:

Horario días hábiles: 5:00 am – 11:00 pm

Frecuencias: Hora pico 7min – Hora valle 10min.

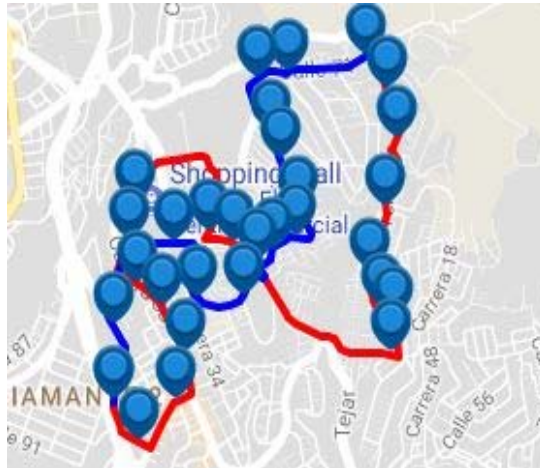
Sábados: 5:00 am – 10:00 pm.

Frecuencias: Hora pico:7min – Hora valle 12min.

Domingos y festivos: 4:45 am- 9:00 pm

Frecuencia: 15 min.

Figura 5. Recorrido ruta AP7.



Fuente: Metrolinea.

2.1.6 Ruta alimentadora AP12: Provenza – UDES La ruta alimentadora AP12 tiene como principales paradas Est. Provenza Oriental/ Portón del Tejar/ Tajamar/ Santa Bárbara/ Lagos del Cacique/ UDES/ Hacienda San Juan/ San Bernardo/ Tajamar/ CC Cacique/ Est. Provenza Oriental. Así mismo su funcionamiento está atado a la siguiente información:

Horario días hábiles: 5:00 am – 11:00 pm

Frecuencias: Hora pico 9min – Hora valle 10min.

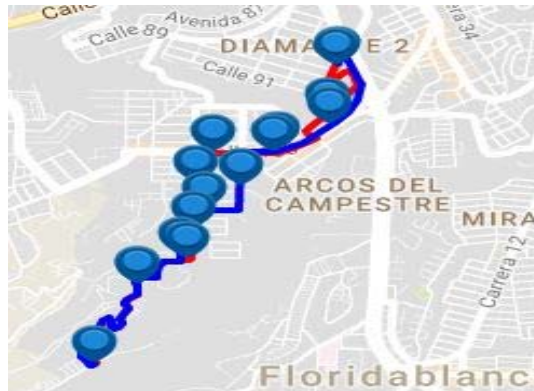
Sábados: 5:00 am – 10:00 pm.

Frecuencias: Hora pico:9min – Hora valle 12min.

Domingos y festivos: 5:30 am- 10:00 pm

Frecuencia: 15 min.

Figura 6. Recorrido ruta AP12



Fuente: Metrolinea.

2.2 LONGITUD DEL RECORRIDO

A través de la herramienta “google maps” y utilizando su instrumento de medición se verifica y se obtiene un aproximado, muy cercano a la real, de la longitud de la ruta bajo examen, este procedimiento se realizó 4 veces para de esta manera obtener un promedio y un resultado más cercano a la realidad.

Tabla 1 Longitudes en kilómetros de cada una de las rutas en observación.

| Ruta | Longitud [Km] |
|------|---------------|
| AP1 | 7,97 |
| AP2 | 9,23 |
| AP3 | 5,67 |
| AP5 | 9,53 |
| AP7 | 6,36 |
| AP12 | 8,87 |

Con los anteriores atributos recolectados y registrados se procede, a través de la exploración presencial, a localizar y estimar los restantes atributos de cada una de

las rutas, esta etapa se llevará a cabo mediante aforos, por el método de ascenso y descenso de pasajeros.

2.3 CICLO

Es el intervalo de tiempo en que la unidad transportadora de una ruta específica hace todo su recorrido. (Desde su salida de la estación hasta su retorno). Este ciclo es medido en minutos. [2]

2.4 VELOCIDAD OPERACIONAL

Esta velocidad operacional es la relación entre la longitud de la ruta y el ciclo, o tiempo, que toma en recorrer dicha distancia. Esta medida se encuentra dada en [Km/h].

$$V_{op} = \frac{L_{ruta}}{Ciclo} \quad (1)$$

2.5 VELOCIDAD COMERCIAL O REAL

La velocidad comercial depende del tipo de vía por donde esté transitando la ruta, ya sea residencial, comercial o abierta. También depende si es una vía principal o colectora. [3]

Se recomienda que dicha velocidad se estime con la siguiente fórmula:

$$V_o = \frac{X_i}{\left(\frac{X_i}{V_{max}}\right) + p(ta + td) + \sum_p TAp} \quad (2)$$

X_i = Extensión del tramo.

V_{max} = Velocidad máxima en el tramo.

P = Número de paradas en el tramo.

t_a+t_d = T de aceleración/ desaceleración

Σ = Suma de tiempo de atención en las paradas.

2.6 DEMANDA DIARIA

Hace referencia a la cantidad de pasajeros máximos que utilizaron, en un recorrido, la ruta en análisis. Es decir, la cantidad total que subieron a la unidad transportadora. Está dada en [pasajeros/día].

2.7 CARGA MÁXIMA HORARIA

La carga máxima son aquellos tramos donde la unidad transportadora se encuentra más cargada. Para las rutas alimentadoras, las cuales son los focos de investigación en este estudio, se debe tener en cuenta todos los pasajeros que ascienden durante todo el recorrido, puesto que tienen un carácter alimentador, se espera que los usuarios tengan un destino final al sistema troncalizado. [2].

La ecuación para hallar la carga máxima horaria es:

$$Carga\ máx = \frac{Demanda\ diaria}{Ciclo} \quad (3)$$

Dada en [pasajeros/minutos].

2.8 SÍNTESIS DE LOS ATRIBUTOS HASTA EL MOMENTO

Se recopilará la información obtenida hasta esta etapa del estudio para cada una de las rutas, teniendo en cuenta horas de operaciones valles, pico y la promedio durante todos los aforos realizados.

2.8.1 AP1: Esta tabla muestra los valores obtenidos, aplicando los conceptos que se describen en los ítems **3.3**, **3.4**, **3.5**, **3.6** y **3.7**, que corresponden al ciclo, velocidad real, velocidad operacional, demanda diaria y carga máxima horaria para la ruta AP1.

Tabla 2. Resumen de los atributos de la ruta AP1

| | Ciclo [Min] | V. real [km/h] | V. Oper [km/h] | Deman. diaria [Pas] | Carga max. Horaria |
|-----------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| H. pico | 36 | 26.16 | 13.12 | 40 | 1.08 |
| H. valle | 36.63 | 26.16 | 13.63 | 10 | 0.3 |
| Prom. | 36.36 | 26.16 | 13.28 | 23 | 0.69 |

2.8.2 AP2: Esta tabla muestra los valores obtenidos, aplicando los conceptos que se describen en los ítems **3.3**, **3.4**, **3.5**, **3.6** y **3.7**, que corresponden al ciclo, velocidad real, velocidad operacional, demanda diaria y carga máxima horaria para la ruta AP2.

Tabla 3. Resumen de los atributos de la ruta AP2.

| | Ciclo [Min] | V. real [km/h] | V. Ope [km/h] | Deman. diaria [Pas] | Carga max. Horaria |
|-----------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| H. pico | 32.78 | 35.78 | 19.97 | 31 | 0.9 |
| H. valle | 31.6 | 35.78 | 17.61 | 11 | 0.23 |
| Prom. | 32.17 | 35.78 | 17.29 | 20 | 0.48 |

2.8.3 AP3: Esta tabla muestra los valores obtenidos, aplicando los conceptos que se describen en los ítems **3.3, 3.4, 3.5, 3.6** y **3.7**, que corresponden al ciclo, velocidad real, velocidad operacional, demanda diaria y carga máxima horaria para la ruta AP3.

Tabla 4. Resumen de los atributos de la ruta AP3.

| | Ciclo [Min] | V. real [km/h] | V. Ope [km/h] | Deman. diaria [Pas] | Carga max. Horaria |
|-----------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| H. pico | 23.75 | 27.12 | 14.64 | 62 | 1.84 |
| H. valle | 22.46 | 27.12 | 15.44 | 30 | 0.65 |
| Prom. | 22.95 | 27.12 | 15.14 | 44 | 1.23 |

2.8.4 AP5. Esta tabla muestra los valores obtenidos, aplicando los conceptos que se describen en los ítems **3.3, 3.4, 3.5, 3.6** y **3.7**, que corresponden al ciclo, velocidad real, velocidad operacional, demanda diaria y carga máxima horaria para la ruta AP5.

Tabla 5. Resumen de los atributos de la ruta AP5.

| | Ciclo [Min] | V. real [km/h] | V. Ope [km/h] | Deman. diaria [Pas] | Carga max. Horaria |
|-----------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| H. pico | 33 | 23.03 | 17.56 | 64 | 1.83 |
| H. valle | 31.22 | 23.03 | 18.42 | 21 | 0.68 |
| Prom. | 32.16 | 23.03 | 17.88 | 39.43 | 1.01 |

3.8.5 AP7 Esta tabla muestra los valores obtenidos, aplicando los conceptos que se describen en los ítems **3.3, 3.4, 3.5, 3.6** y **3.7**, que corresponden al ciclo, velocidad real, velocidad operacional, demanda diaria y carga máxima horaria para la ruta AP7.

Tabla 6. Resumen de los atributos de la ruta AP7.

| | Ciclo [Min] | V. real [km/h] | V. Oper [km/h] | Deman. diaria [Pas] | Carga max. Horaria |
|-----------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| H. pico | 25.64 | 32.7 | 15.65 | 58 | 2.24 |
| H. valle | 24.07 | 32.7 | 16.35 | 18 | 0.78 |
| Prom. | 24.73 | 32.7 | 15.6 | 35.14 | 1.51 |

2.8.6 AP12 Esta tabla muestra los valores obtenidos, aplicando los conceptos que se describen en los ítems **3.3, 3.4, 3.5, 3.6** y **3.7**, que corresponden al ciclo, velocidad real, velocidad operacional, demanda diaria y carga máxima horaria para la ruta AP1.

Tabla 7. Resumen de los atributos de la ruta AP12

| | Ciclo [Min] | V. real [km/h] | V. Oper [km/h] | Deman. diaria [Pas] | Carga max. Horaria |
|-----------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| H. pico | 33.45 | 28.69 | 15.89 | 72 | 1.95 |
| H. valle | 32.5 | 28.69 | 16.63 | 24 | 0.77 |
| Prom. | 33.06 | 28.69 | 16.29 | 44.58 | 1.21 |

3. ESTRUCTURA DE LA OFERTA DEL SITM

3.1 CAPACIDAD DE LA FLOTA UTILIZADA EN LAS RUTAS OBJETO DE ESTUDIO

Todas las rutas de interés para este estudio, como se ha descrito previamente, son rutas alimentadoras del SITM. En estas rutas es utilizado un móvil o unidad de transporte denominado “alimentador”, la capacidad máxima de pasajeros a bordo que este alimentador puede tener es de 42 pasajeros. [1]

3.2 FLOTA ASIGNADA PARA SUPLIR CADA UNA DE LAS RUTAS

A continuación, podremos observar la flota que tiene cada una de las rutas en análisis:

Tabla 8. Flotas asignadas por Metrolinea.

| RUTA | FLOTA ACTUAL |
|-------------|---------------------|
| AP1 | 5 |
| AP2 | 4 |
| AP3 | 4 |
| AP5 | 4 |
| AP7 | 4 |
| AP12 | 5 |

Fuente: Metrolinea.

4. INVESTIGACIÓN DEL IPK (ÍNDICE DE PASAJEROS POR KILÓMETRO)

4.1 IPK POR TIPOLOGÍA DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS PRESENTADAS EN CADA UNA DE LAS RUTAS A ANALIZAR.

Índice Pasajeros Kilómetro (IPK) es un indicador de efectividad del servicio que relaciona un resultado (pasajeros) con un producto (kilómetros). Este indicador permite evaluar la forma como el principal producto del sistema, los kilómetros recorridos en operación, se reflejan en su principal resultado operacional, los pasajeros pagos. [4]

$$IPK = \frac{\# \text{ de pasajeros}}{L. \text{ ruta en kilometros}} \quad (4)$$

La tabla 9, muestra unos rangos de IPK, en los cuales se podrán ubicar los IPK obtenidos en los cálculos y darles una calificación a las rutas en termino de eficiencia.

Tabla 9. Rangos de clasificación IPK.

| RANGOS DE IPK | | | |
|---------------|---|--------------|----------|
| RANGO | | CALIFICACION | RUTA |
| 0 | 1 | Pésimo | - |
| 1 | 2 | Malo | - |
| 2 | 3 | Regular | AP2 |
| 3 | 4 | Aceptable | AP1, AP5 |
| 4 | 5 | Bueno | AP12 |
| 5 | 6 | Optimo | AP7 |
| 6 | 7 | Consolidado | AP3 |

Fuente” Planteamiento de la propuesta de mejoramiento del Sitm y Stpc. – Cotrausan. Bucaramanga, 2017”.

4.2 MEDIDA DE DESEMPEÑO Y EFICIENCIA DE LA RUTA, FRENTE AL PERFIL DE CARGA

La eficiencia de la ruta será medida por el IPK, tal cual como se describe en el ítem 4.1, mientras que el desempeño depende de la velocidad real y la operacional y se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{Vel. Ope}{Vel. Real} \times 100 = \% \text{ Desempeño (5)}$$

La siguiente tabla muestra el desempeño de cada una de las rutas analizadas con valor porcentual que depende de la relación entre velocidad operacional y velocidad real:

Tabla 10. Desempeño de las rutas alimentadoras.

| RUTA | % DESEMPEÑO |
|-------------|--------------------|
| AP1 | 50.77 |
| AP2 | 48.32 |
| AP3 | 55.82 |
| AP5 | 65.95 |
| AP7 | 48.37 |
| AP12 | 56.82 |

5. INTERVALO Y CALCULO DE FLOTA SUFICIENTE

5.1 INTERVALO

El intervalo es la relación entre la carga máxima y la capacidad del vehículo y determina cada cuanto debe pasar un vehículo en busca de pasajeros.

$$intervalo = \frac{carga\ máx}{cap.\ vehiculo} \quad (6)$$

5.2 FLOTA SUFICIENTE

La flota necesaria y suficiente para cada ruta en ambos sistemas, surge de la relación entre el ciclo de la ruta en minutos y el intervalo previamente identificado y exigido por los usuarios, de 5,10 y 15 minutos. [2]

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

$$Flota = \frac{ciclo\ [minutos]}{intervalo\ [minutos/bus]} \quad (7)$$

Tabla 11. Intervalos y flotas suficientes.

| RUTA | Inter. (min) | Flota oper. | Flota efec. | Flota de rva. | F. Ttal |
|-------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|
| AP1 | 71.34 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| AP2 | 114 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| AP3 | 36.69 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| AP5 | 45 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| AP7 | 31 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| AP12 | 39 | 1 | 2 | 1 | 2 |

Tabla 12. Flota operacional calculada Vs Flota actual de Metrolinea.

| RUTA | FLOTA OPER. | FLOTA ACTUAL |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| AP1 | 1 | 5 |
| AP2 | 1 | 4 |
| AP3 | 1 | 4 |
| AP5 | 1 | 4 |
| AP7 | 1 | 4 |
| AP12 | 1 | 5 |

Fuente: La información de flota actual fue suministrada por Metrolinea.

6. ANÁLISIS PRELIMINAR ECONÓMICO

6.1 ANÁLISIS DE LA TARIFA DEL SITM

La tarifa para el año 2017, es de \$2100, esta información fue suministrada por el ente prestador de servicio Metrolinea.

6.2 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA RUTA POR KILÓMETRO.

Para el SITM existen tres costos de operación, que provienen de los análisis primarios y que se hace indispensable valorar nuevamente en cuanto al costo por kilómetro de buses alimentadores. [2]

Tabla 13. Costos de operación por Km por tipología de unidad transportadora.

| TIPOLOGIA | Valor/kilometro |
|---------------|-----------------|
| Alimentadores | \$3.597,18 |
| Padrones | \$3.905,71 |
| Articulados | \$5.630,97 |

Fuente: Metrolinea

6.3 ANÁLISIS PRELIMINAR COMPARATIVO ENTRE LOS INGRESOS TARIFARIOS Y LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE CADA RUTA DIAGNOSTICADA.

A continuación, se mostrarán la totalidad de kilómetros recorridos y los pasajeros que usaron la ruta durante todo el estudio de campo, para esto, se diseñaron las siguientes tablas, las cuales contienen un consolidado de todos los recorridos realizados para cada una de las rutas, así mismo, los kilómetros y número de pasajeros totales presentados durante todos los recorridos aforados.

Tabla 14. Número de viajes, kilómetros recorridos y pasajeros transportados durante la colección de los aforos.

| RUTA | # de recorridos | Km recorridos | # Pasajeros |
|-------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| AP1 | 19 | 151.43 | 475 |
| AP2 | 18 | 166.14 | 385 |
| AP3 | 21 | 119.07 | 930 |
| AP5 | 19 | 181.07 | 620 |
| AP7 | 26 | 165.36 | 974 |
| AP12 | 19 | 168.53 | 770 |

Tabla 15. Comparación de costos de operación contra los ingresos del sistema.

| RUTA | EGRESOS POR OPERAR | INGRESOS | SALDO |
|-------------|---------------------------|-----------------|--------------|
| AP1 | \$544720.96 | \$997500 | \$452779.03 |
| AP2 | \$597635.46 | \$808500 | \$210864.51 |
| AP3 | \$428316.22 | \$1953000 | \$1524683.77 |
| AP5 | \$651341.38 | \$1302000 | \$650658.61 |

| RUTA | EGRESOS POR OPERAR | INGRESOS | SALDO |
|-------------|---------------------------|-----------------|--------------|
| AP7 | \$594829.68 | \$2045400 | \$1450570.31 |
| AP12 | \$606232.74 | \$1617000 | \$1010767.25 |

Adicionalmente, hicimos un análisis muy parecido al anterior pero esta vez omitiendo la primera estación de las rutas (PROVENZA), ya que de esta manera podremos calcular los ingresos por validación directa en las rutas alimentadoras y tener una moción un poco más real de los ingresos directos de esta ruta, en consecuencia de lo anterior podremos comprobar si realmente están cumpliendo a cabalidad la función de este tipo de vehículos, la cual es distribuir pasajeros en las zonas residenciales y así mismo llevarlos y alimentar la troncal principal de Provenza.

Tabla 16. Número de viajes, kilómetros recorridos y pasajeros transportados durante la colección de los aforos. (Omitiendo estación Provenza)

| RUTA | # de recorridos | Km recorridos | # Pasajeros |
|-------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| AP1 | 19 | 151.43 | 171 |
| AP2 | 18 | 166.14 | 185 |
| AP3 | 21 | 119.07 | 481 |
| AP5 | 19 | 181.07 | 270 |
| AP7 | 26 | 165.36 | 473 |
| AP12 | 19 | 168.53 | 311 |

Tabla 17. Comparación de costos de operación contra los ingresos del sistema. (Omitiendo estación Provenza)

| RUTA | EGRESOS POR OPERAR | INGRESOS | SALDO |
|-------------|---------------------------|-----------------|----------------------|
| AP1 | \$544.720.96 | \$359.100 | -\$185.620.96 |
| AP2 | \$597.635.46 | \$388.500 | -\$209.135.46 |
| AP3 | \$428.316.22 | \$1.010.100 | \$581.783.78 |
| AP5 | \$651.341.38 | \$567.000 | -\$84.341.38 |
| AP7 | \$594.829.68 | \$993.300 | \$398.470.32 |
| AP12 | \$606.232.74 | \$653.100 | \$46.867.26 |

7. CONCLUSIONES

- Los perfiles de carga no son los esperados, puesto que para las rutas AP1, AP2 y AP3 los IPK están alrededor de un pasajero /kilómetro, en las horas picos y son mucho más bajos para las horas valles, para las rutas AP5, AP7 y AP12, a pesar de que aumenta un poco en las horas pico (2 pasajeros/kilómetro aproximadamente) sus promedios siguen siendo muy bajos.

A continuación, se mostrarán los perfiles de carga que muestran el comportamiento de las rutas, estos consisten en graficar en base a la información obtenida en los aforos, los pasajeros a bordo en la unidad transportadora, los que suben, los que bajan y la capacidad del alimentador VS sus paradas.

Figura 7. Gráfica de pasajeros en la ruta AP1 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada.

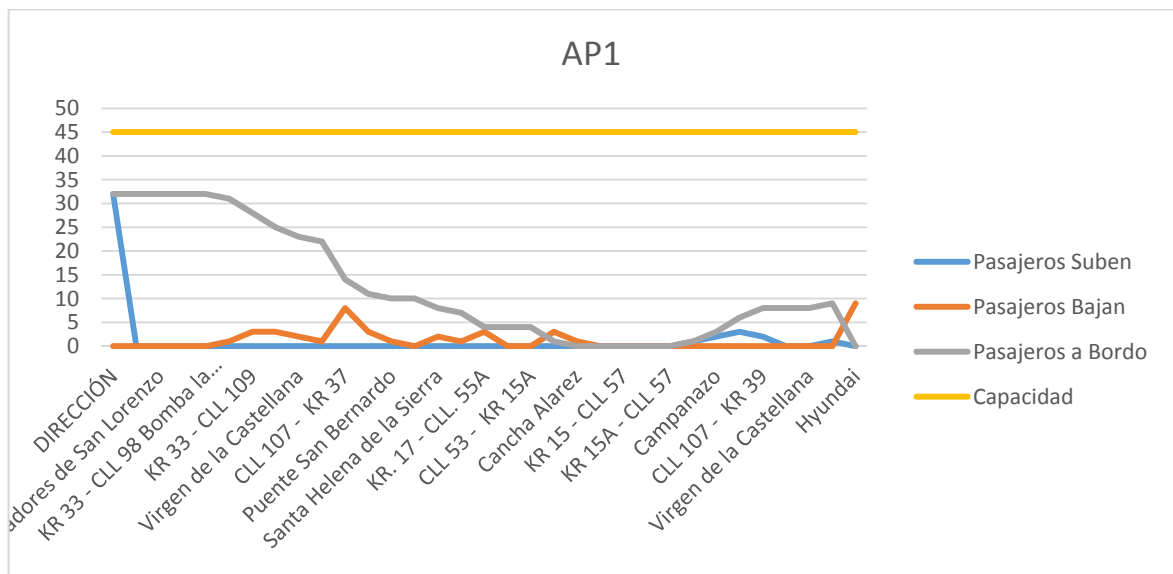


Figura 8. Gráfica de pasajeros en la ruta AP2 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada.

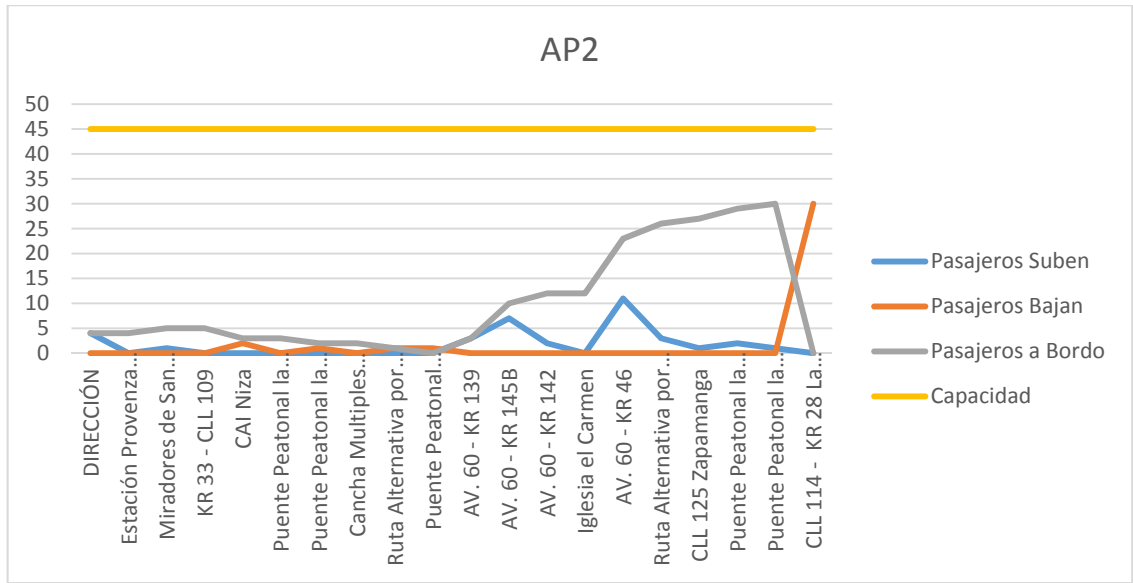


Figura 9. Gráfica de pasajeros en la ruta AP3 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada.

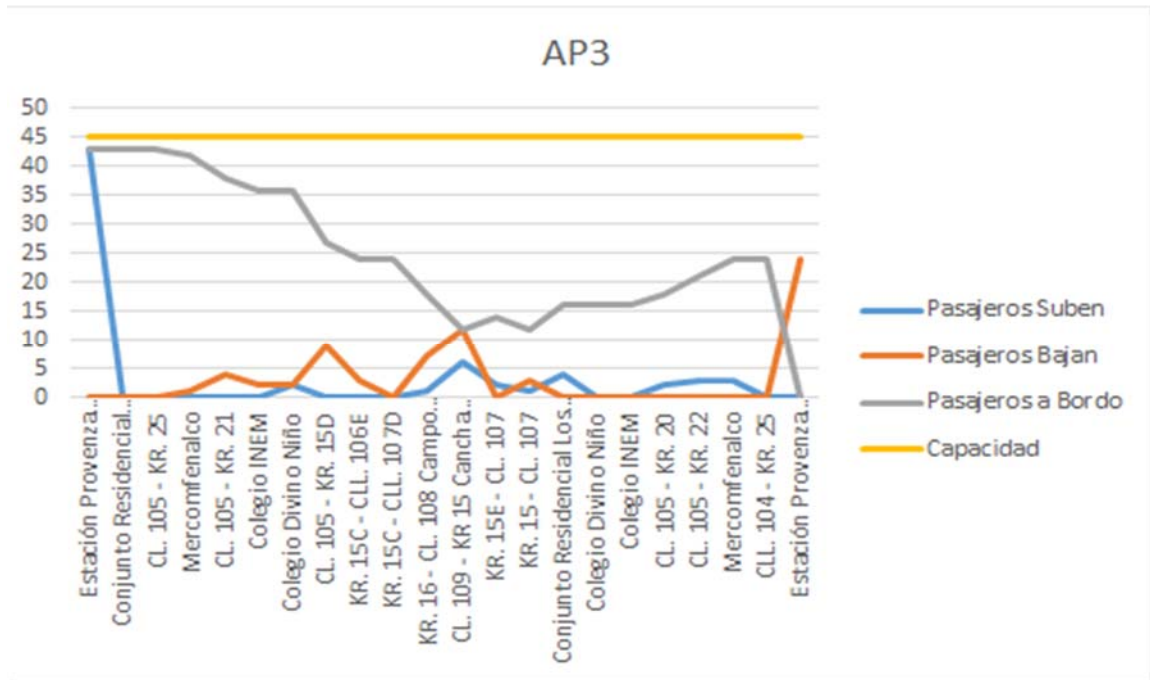


Figura 10. Gráfica de pasajeros en la ruta AP5 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada.

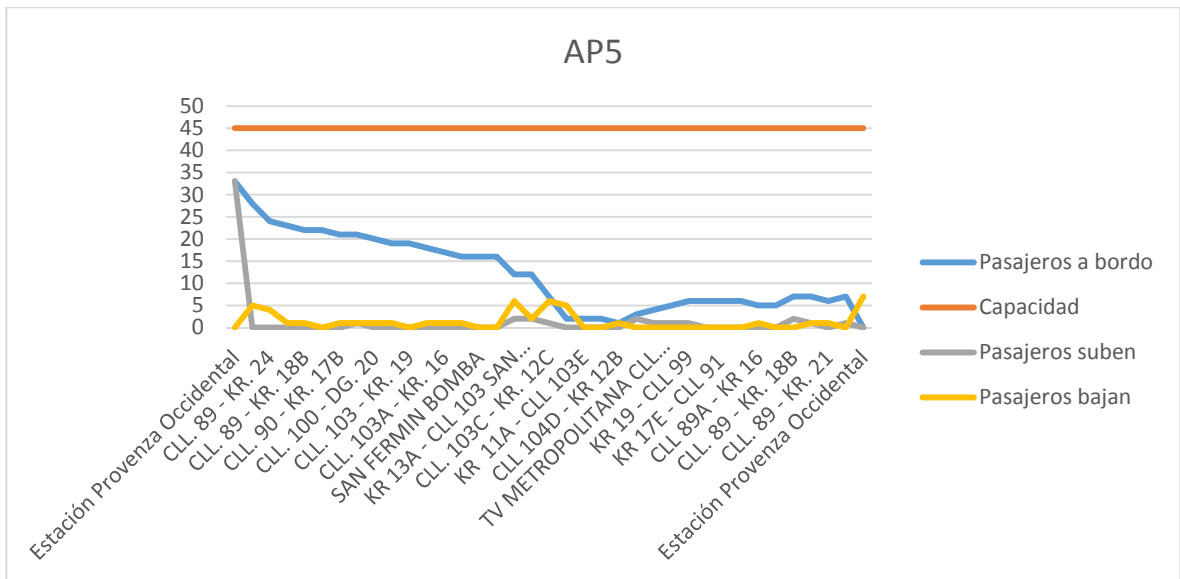


Figura 11. Gráfica de pasajeros en la ruta AP7 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada.

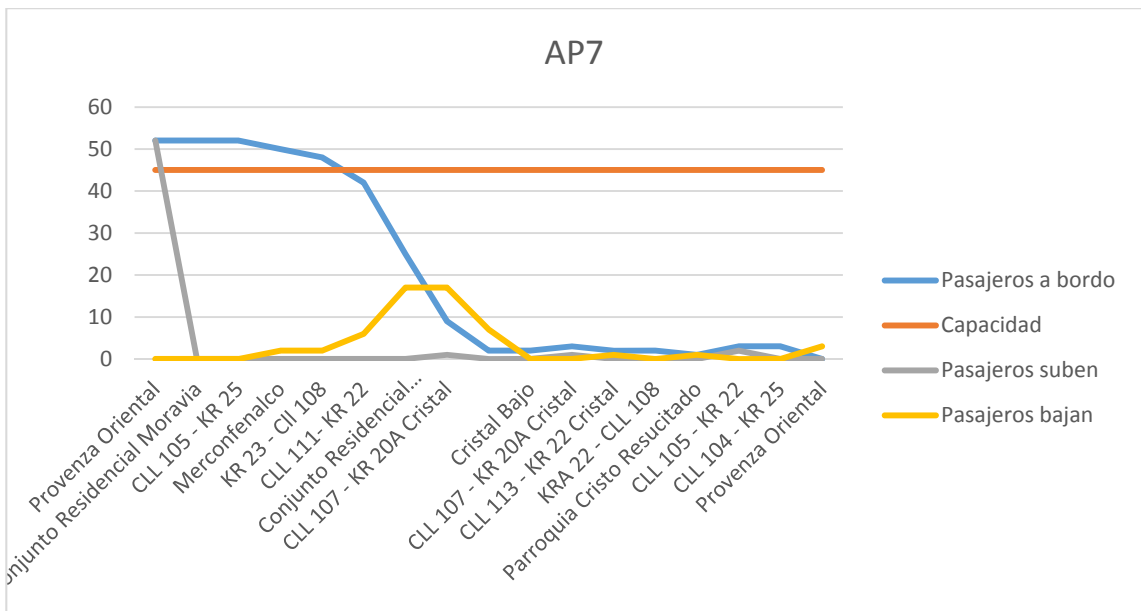
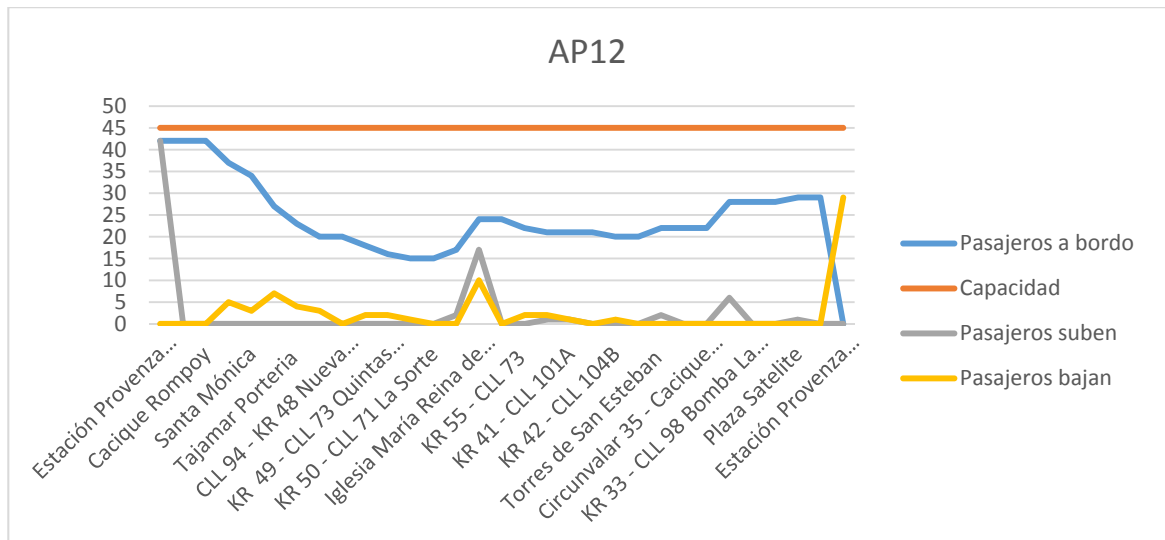


Figura 12. Gráfica de pasajeros en la ruta AP12 que suben, bajan, van a bordo y la capacidad del alimentador VS su respectiva parada.



- Otra de las observaciones que se pueden hacer respecto a los perfiles de carga anteriormente mostrados es que las rutas AP1, AP2, AP5 y AP7 es que no tienen el comportamiento esperado, debido a que se evidencia una falencia en su función de alimentar la estación Provenza, ya que llegan con un número muy bajo de pasajeros al portal, por el contrario, las rutas AP3 y AP12, mantienen un flujo de pasajeros constante, mientras cumplen sus funciones de distribución y alimentación al portal Provenza.
- Respecto a las velocidades reales o comerciales encontradas (Tablas 2, 3, 4, 5, 6, 7) y basándose en el documentos CONPES 3167 el cual indica que la velocidad comercial para este tipo de vehículos esta entre los 10km/h y los 30km/h , ya que no cuenta con carril exclusivo, se puede afirmar que las rutas AP1, AP3, AP5 Y AP12, se encuentran dentro de este rango mientras que las rutas AP2 Y AP7 presentan velocidades mayores, lo cual se debe a que la primera ruta mencionada, la AP2, tiene la más baja demanda de pasajeros, y como esta velocidad depende de los tiempos de aceleración y desaceleración y adicionalmente de los tiempo de atención de parada, se podía prever que su

velocidad comercial iba a ser mayor a la de las demás; por otra parte la ruta AP7 es la que presenta el menor número de paradas de las rutas analizadas por lo tanto también se podía prever que su velocidad sería más alta.

- Como previamente fue mostrado (Tabla 9), la eficiencia de las unidades transportadoras que son dadas por el IPK, están por encima del rango “ACEPTABLE” a excepción de la ruta AP2, la cual arrojo resultados poco favorables para el sistema; los análisis de los IPK aportan un satisfactorio resultado en las rutas AP3 y AP7, donde las rutas están catalogadas con IPK “CONSOLIDADO” y “OPTIMO” respectivamente, las rutas AP12, AP1 y AP5 tienen eficiencia entre los rangos “BUENO” y “ACEPTABLE”.
- Respecto al análisis de desempeño de las rutas analizadas (Tabla 10), que está atado a los valores de velocidad real y velocidad operacional, se encontró que los desempeños de las unidades alimentadoras tienen valores cercanos al 50% a excepción de la ruta AP5 que tiene un desempeño del 65%, por lo que se concluye que el ente prestador del servicio omite algunas variables que pueden afectar el desempeño de las rutas, como el número y la ubicación de las paradas del sistema, la congestión vehicular, la falta de regulación a los operarios de los buses alimentadores o un mal cálculo de los ciclos y frecuencias de los recorridos.
- El documento CONPES 3370, contiene la siguiente información:

Los análisis realizados por la Universidad Industrial de Santander como coordinador de diseños de infraestructura y de la estructuración técnica legal y financiera del proyecto han arrojado indicadores favorables para iniciar operación únicamente con el corredor troncal y con la operación de las pretroncales y alimentadoras dentro del Municipio de Bucaramanga, postergando el inicio de operación en los otros Municipios hasta tanto se vinculen formalmente y desarrollen la infraestructura. La evaluación arrojó un

alto Índice de Pasajeros-Kilómetro (IPK)¹ para la operación de los servicios del escenario base, que se va reduciendo en la medida en que se vinculan los otros municipios (Gráfico No 1). El valor de este indicador puede explicarse por las relativamente cortas distancias de recorrido de los servicios y la alta demanda alrededor de los corredores. La expansión del servicio hasta los Municipios de Piedecuesta y San Juan de Girón supone mayores distancias de recorridos y la atención de una menor demanda, que tenderá a disminuir el IPK del sistema en su conjunto. El esquema operacional optimizado por la Universidad Industrial de Santander propone una mayor cobertura, mejores IPK y menores tiempos de viaje que el esquema utilizado como fundamento para la preparación del Documento CONPES 3298 de 2004. En el gráfico No. 1 se presentan las diferentes alternativas de operación del sistema de acuerdo con la puesta en funcionamiento de servicios en los diferentes Municipios.” [5]

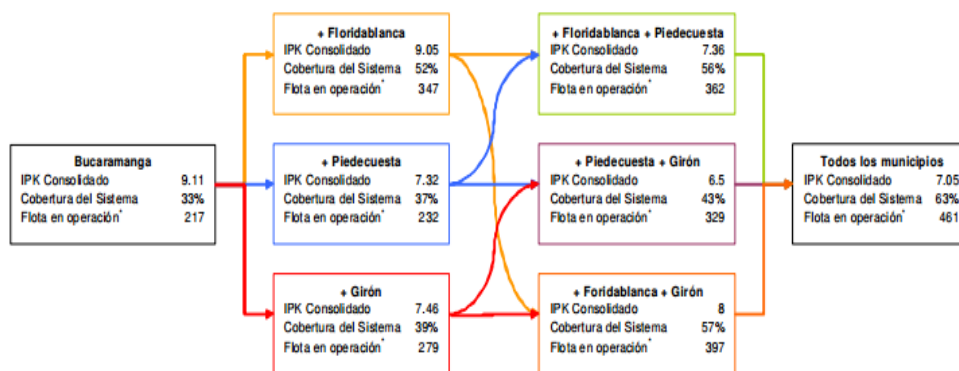
En base a lo anteriormente citado y haciendo un pequeño ajuste porcentual en el IPK consolidado de la ciudad de Bucaramanga, el cual según el documento CONPES 3370 es de 9.11 para buses de 60 pasajeros, que para el caso en análisis sería de 6.34 para alimentadores de 42 pasajeros, se puede decir que solo las rutas AP3 y AP7 son las únicas que cumplen con lo regido en el documento CONPES 3370 en lo que concierne con IPK.

- La flota total calculada para las 6 rutas analizadas (Tabla 11), fueron las mismas, 2 buses prestadores del servicio deberían suplir satisfactoriamente las demandas de las rutas en cuestión pero que en la práctica generarían desagradados entre los usuarios respecto al cálculo de frecuencias, ya que estas generarían elevados tiempos de espera.
- Cabe resaltar que las flotas que tienen asignadas las rutas en estudio son mayores a las calculadas, lo que evidencia una incorrecta estimación de las frecuencias de paso, las cuales son altas en las horas valle, donde se tiene una

baja demanda de pasajeros y no permiten que el vehículo alcance su ocupación mínima, al punto de que no puede cubrir sus gastos de operación en algunos recorridos, representando pérdidas económicas para el SITM, debido a la mala ejecución e implementación de algunos de los conceptos que rigen el funcionamiento de las rutas.

- El análisis económico (Tabla 15) arrojó resultados favorables en cuanto al saldo positivo que genera cada una de las rutas, no obstante, cabe resaltar que se consideró que cada uno de los pasajeros que ingreso en las rutas alimentadoras no realizo transbordo desde otro vehículo si no por el contrario los ingresos totales fueron generados por las rutas evaluadas, esto conllevó a realizar otro análisis económico teniendo en cuenta otras consideraciones, la más importante, la validación directa del pasaje en el vehículo alimentador (Tabla 16 y 17), este segundo análisis arrojó cifras más cercanas a la realidad del sistema, dando saldos negativos en las rutas AP1, AP2 y AP5, y positivos en las rutas AP3, AP7 y AP12, esta última consiguiendo por poco el balance entre costos de operación e ingresos.

Gráfico No. 1
Indicadores operativos para módulos de ejecución por Municipio



*Flota en operación expresada en número de buses equivalentes de 60 pasajeros

Fuente: Universidad Industrial de Santander

- Vale mencionar que el modelo de transporte público masivo propuesto desde el 2003, es el indicado para la AMB, teniendo en cuenta su tamaño, población, etc. Ciudades como Curitiba (Brasil) y Cleveland (EEUU) son urbes con poblaciones y desarrollos similares a Bucaramanga que han aplicado este mismo sistema de transporte para suplir sus necesidades, los resultados que se logran apreciar en dichos casos han sido notablemente favorables. El sistema como tal no es el causal de los problemas, si no su mala aplicación, ejecución y control.

8. RECOMENDACIONES

- Después del estudio realizado a las rutas alimentadoras AP1, AP2, AP3, AP5, AP7, AP12 y analizar todos sus atributos y características, queda claro y expuesto el verdadero problema del sistema, el cual es la independencia del SITM con respecto al sistema convencional de transporte público, que no se complementan y entorpecen la prestación del servicio, se recomienda en base a lo anteriormente mencionado, buscar la integración de los sistemas para poder maximizar la cobertura y la prestación del servicio en toda el AMB.
- Otro de los problemas que se observaron en los recorridos de estas rutas alimentadores es a falta de regulación de la dirección de tránsito de Bucaramanga, esto en base a la alta obstaculización que presentan las vías por donde las rutas hacen su recorrido debido a que transitan por zonas altamente residenciales, la recomendación es un llamado a los entes competentes a culturizar y regular este tipo de eventos, ya que al presentarse de manera permanente afectan de manera considerable el funcionamiento del SITM.
- Por último, se sugiere eliminar paradas en la ruta AP12, donde, según los aforos realizados no hubo movimiento de pasajeros en ningún momento, es decir, no se subió ni se bajó ningún usuario (parada CLL 94 - KR 48 Nueva Santa Bárbara). Redistribuir paradas que están a distancias muy cercanas, menos de 300 metros entre sí, (paradas KR 49 - CLL 74A - Palmeras del Cacique -KR 49 - CLL 73 - Quintas del Cacique - KR 49 - CLL 72 Hacienda el Cacique).

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] *Metrolínea.* (2017). *Metrolínea.gov.co.*
Disponible:<http://www.metrolínea.gov.co/v3.0/>. Citado [8 de octubre 2017]

[2] “Documento del planteamiento de la propuesta de mejoramiento del SITM y STPC, (2017), Cootrausan, L.D Arevalo”. Junio del 2017, Bucaramanga.

[3] “Highway capacity manual, (2010), Transportation research board, National research council, University of California, Berkeley”

[4] “Manual de cálculo de los indicadores de monitoreo y evaluación de proyecto de transporte urbano en Colombia, Disponible: http://portal.mintransporte.gov.co:8080/transporte_urbano/Manual%20de%20Indicadores.pdf, Ministerio de Transporte” [Citado 10 de octubre de 2017].

[5] “CONPES 3370 SISTEMA INTEGRADO DEL SERVICIO PÚBLICO URBANO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA - SEGUIMIENTO, 1 de agosto de 2005, Departamento Nacional de planeación,<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/3370.pdf>”

BIBLIOGRAFÍA

COOTRAUSAN, L.D AREVALO 2017 “Documento del planteamiento de la propuesta de mejoramiento del SITM y STPC, Junio del 2017, Bucaramanga.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN “CONPES 3370 Sistema Integrado del Servicio Público urbano de transporte masivo de pasajeros del área metropolitana de Bucaramanga - SEGUIMIENTO, 1 de agosto de 2005, [en línea] disponible en:
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/3370.pdf>”

HIGHWAY CAPACITY MANUAL, Transportation research board, National research council, University of California, Berkeley” 2010

METROLÍNEA. [en línea] [citado el 8 de octubre 2017] disponible en:
<http://www.metrolinea.gov.co/v3.0/>.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Transporte urbano en Colombia, [en línea] [Citado 10 de octubre de 2017].disponible en:
[http://portal.mintransporte.gov.co:8080/transporte_urbano/Manual%20de%20Indicadores.pdf,](http://portal.mintransporte.gov.co:8080/transporte_urbano/Manual%20de%20Indicadores.pdf)”