

Diagnóstico General del Sistema de Transporte Masivo Mediante la Revisión Operacional de las
Rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, y APD8.

Jaime David Delgado Méndez, Arnold Javier Gutiérrez Pérez

Director

Luis David Arévalo Durán

Especialista en Movilidad y Transporte

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico Mecánica

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2017

Agradecimientos

Primero darle gracias a Dios por permitirme lograr este sueño, en segundo lugar, dedicarles este trabajo a mis padres Daniel y Blanca junto con mis hermanos Harold y Mónica que fueron parte activa en este proceso de formación apoyándome en los buenos y malos momentos. Agradezco de igual manera a mi novia, a mis seres queridos, amigos y profesores que me brindaron su apoyo incondicional para poder llegar donde estoy ahora, sin la ayuda de ellos esto no sería realidad.

ARNOLD JAVIER GUTIÉRREZ PÉREZ

Quiero dedicar este trabajo a mis padres Jaime y Ofelia por su apoyo y amor incondicional, también a mi hermano Carlos y mi novia Alba que siempre creyeron en mí y me han colaborado en este proceso. Agradezco infinitamente a mis familiares, profesores y compañeros que hicieron parte de esta experiencia universitaria, que me ayudaron a crecer como profesional y como persona.

JAIME DAVID DELGADO MÉNDEZ

Tabla de contenido

Introducción.....	15
1. Objetivos	16
1.1 Objetivos Generales	16
1.2 Objetivos Específicos	16
2. Marco teórico.....	18
2.1 Documento Conpes 3552 de 2008	18
2.2 Índice de pasajeros por kilómetro	19
2.3 Recuento de ascenso y descenso de pasajeros	20
3. Metodología.....	22
3.1 Demanda de viajes del Sistema Integrado de Transporte Masivo	22
3.1.1 Búsqueda de información de las rutas para la realización de esta propuesta	22
3.1.2 Identificación de una demanda aproximada de viajes del SITM	22
3.1.3 Exploración mediante aforos por el método de sube y baja de pasajeros	22
3.1.4 Registro de la información.....	23
3.2 Estructura de la oferta del Sistema Integrado de Transporte Masivo	23
3.2.1 Capacidad de la flota del sistema, por tipología	23
3.2.2 Flota asignada por el SITM por cada una de las rutas.....	23
3.3 Investigación del IPK (Índice de Pasajeros por Kilómetro)	23
3.3.1 IPK por tipología	23
3.3.2 Perfil de carga en tramos más cargados y a lo largo del recorrido.....	24
3.3.3 Longitud, ciclo y velocidad de las rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, y APD8	24
3.3.4 Medida de eficiencia de la ruta, frente al perfil de carga y el congestionamiento vehicular	24

3.4 Flota total necesaria y suficiente	25
3.4.1 Cálculo de la flota operacional, efectiva y de reserva, de acuerdo con el perfil de carga diagnosticado	25
3.4.2 Cálculo y registro de la información, sobre la ruta diagnosticada, longitud, velocidad, ciclo, demanda aproximada en pasajeros/día y en pasajeros/hora, intervalos de paso o frecuencias y kilómetros recorridos	25
3.5 Análisis preliminar económico	25
3.5.1 Análisis de la tarifa del SITM	25
3.5.2 Análisis de los costos de operación de la ruta por kilómetro	26
3.5.3 Análisis preliminar comparativo entre los ingresos tarifarios y los costos de la operación de cada ruta diagnosticada	26
4. Resultados.....	26
4.1 Análisis del perfil de carga de las rutas	27
4.1.1 Perfil de carga de la ruta APD1.....	28
4.1.2 Perfil de carga de la ruta APD2.....	30
4.1.3 Perfil de carga de la ruta APD4.....	31
4.1.4 Perfil de carga de la ruta APD6.....	33
4.1.5 Perfil de carga de la ruta APD7.....	35
4.1.6 Perfil de carga de la ruta APD8.....	37
4.2 Análisis operacional de las rutas	39
4.2.1 Longitudes de las rutas	40
4.2.2 Ciclo de las rutas	41
4.2.3 Velocidad comercial de las rutas.....	42
4.2.4 Velocidad operacional de las rutas	43
4.2.5 Desempeño de las rutas	44
4.3 Cálculo y análisis del Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK)	46

4.4 La flota.....	50
4.5 Análisis preliminar económico	52
5. Conclusiones y Recomendaciones	59
5.1 Conclusiones	59
5.2 Recomendaciones.....	60
Referencias bibliográficas	61

Lista de Tablas

Tabla 1. Longitudes de las rutas.	40
Tabla 2. Resumen ciclo de cada ruta.....	41
Tabla 3. Resumen velocidades comerciales de cada ruta.....	42
Tabla 4. Tabla resumen, ciclo, longitud, velocidad comercial, velocidad operacional.	44
Tabla 5. Tabla cálculo del desempeño en porcentaje de cada ruta y en cada uno de los tres escenarios.	45
Tabla 6. Tabla resumen IPK de cada ruta y en cada uno de los tres escenarios.....	47
Tabla 7. Tabla evaluación cualitativa en función del IPK.	47
Tabla 8. Eficiencia en función del índice de pasajeros por kilómetro en cada uno de los tres escenarios.	48
Tabla 9. Análisis económico operacional para diferentes IPK conociendo el costo operacional por kilómetro.....	49
Tabla 10. Flota operacional necesaria en cada ruta y en cada uno de los tres escenarios analizados	50
Tabla 11. Flota operacional, reserva y total dado en número de buses necesarios.	51
Tabla 12. Resumen análisis económico Ruta APD1 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados.	53
Tabla 13. Resumen análisis económico Ruta APD2 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados	54
Tabla 14. Resumen análisis económico Ruta APD4 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados	54
Tabla 15. Resumen análisis económico Ruta APD6 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados	55
Tabla 16. Resumen análisis económico Ruta APD7 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados	56
Tabla 17. Distribución actual de la tarifa del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea.	57

Tabla 18. Distribución actual de la tarifa del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea, para las rutas ADP1, APD2 y APD4.58

Tabla 19 Distribución actual de la tarifa del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea, para las rutas ADP6, APD7 y APD8.58

Lista de Figuras

Figura 1 información sobre el índice de pasajeros por kilometro.....	19
Figura 2 Perfil de carga del recorrido 34 de la ruta APD1, escenario pico	28
Figura 3 Perfil de carga del recorrido 36 de la ruta APD1, escenario valle	29
Figura 4 Perfil de carga del recorrido 4 de la ruta APD2, escenario pico	30
Figura 5 Perfil de carga del recorrido 15 de la ruta APD2, escenario valle.	31
Figura 6 Perfil de carga del recorrido 4 de la ruta APD4, escenario pico.	32
Figura 7 Perfil de carga del recorrido 14 de la ruta APD4, escenario valle.	33
Figura 8 Perfil de carga del recorrido 1 de la ruta APD6, escenario pico.	34
Figura 9 Perfil de carga del recorrido 13 de la ruta APD6, escenario valle.	35
Figura 10 Perfil de carga del recorrido 10 de la ruta APD7, escenario valle.	36
Figura 11 Perfil de carga del recorrido 14 de la ruta APD7, escenario pico.	37
Figura 12 Perfil de carga recorrido 23 de la ruta APD8, escenario pico.....	38
Figura 13 Perfil de carga del recorrido 5 de la ruta APD8, escenario valle.	39
Figura 14 Trazado de la ruta APD1 mediante la herramienta de Google Maps. (Metrolínea, n.d.)	40

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Apéndice A. Formato de recolección de datos para el método de ascenso y descenso de pasajeros

Apéndice B. Evidencias fotográficas de la recolección de datos

Apéndice C. Aforos y cálculos de atributos a las rutas APD1, APD2, y APD4.

Apéndice D. Aforos y cálculos de atributos a las rutas APD6, APD7, y APD8.

Apéndice E. Distribución actual de la tarifa del SITM Metrolínea

RESUMEN

TÍTULO: DIAGNÓSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, Y APD8*

AUTORES: ARNOLD JAVIER GUTIÉRREZ PÉREZ

JAIME DAVID DELGADO MÉNDEZ**

PALABRAS CLAVE: METROLÍNEA, DIAGNÓSTICO, REVISIÓN OPERACIONAL, SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO, IPK, ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS.

DESCRIPCIÓN:

El presente estudio se realiza para hacer un diagnóstico general de las rutas alimentadoras APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, y APD8, del sistema de transporte masivo Metrolínea estas rutas son las que alimentan el sistema en el municipio de Piedecuesta con esto se tiene una idea global de su funcionamiento desde el punto de vista operativo. Para ello se realizaron aforos, mediante el método de ascenso y descenso de pasajeros, que nos permiten recolectar información, con los que se analizan los perfiles de carga en cada recorrido para así tener una visión de cómo es su comportamiento en función de la capacidad máxima a lo largo de todo su recorrido, se realizan cálculos de atributos de las rutas, para determinar los índices de pasajeros por kilómetro (IPK) que es el índice más importante ya que por medio de este se puede evaluar cuantitativamente como esta operacionalmente la ruta en estudio y el desempeño de las rutas, lo cual permite conocer la efectividad de las rutas; también se realizó un análisis económico general que permite calcular ganancias y pérdidas del sistema para verificar si son económicamente estables esto quiere decir que la demanda de pasajeros que esta tenga satisfaga los gastos operativos y determinar qué tan viable económicamente son las rutas alimentadoras en estudio.

* Trabajo de grado

** Escuela de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Durán

ABSTRACT

TITLE: GENERAL DIAGNOSIS OF THE MASS TRANSPORTATION SYSTEM THROUGH THE OPERATIONAL REVIEW OF ROUTES APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, AND APD8*

AUTHORS: ARNOLD JAVIER GUTIÉRREZ PÉREZ

JAIME DAVID DELGADO MÉNDEZ**

KEYWORDS: METROLINEA, DIAGNOSIS, OPERATIONAL REVIEW, MASS TRANSPORT SYSTEM, IPK, RAISE AND FALL OF PASSENGERS.

DESCRIPCIÓN:

The present study is carried out to make a general diagnosis of the feeder routes APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, and APD8, of the mass transport system Metroline these routes are those that feed the system in the municipality of Piedecuesta with this one has a global idea of its operation from the operational point of view. For this purpose, gauging was done, by means of the passenger ascent and descent method, which allows us to collect information, with which the load profiles are analyzed in each journey in order to have a vision of how their behavior is based on the maximum capacity Throughout its route, route attribute calculations are carried out to determine the passenger-per-kilometer (IPK) indexes, which is the most important index, since it is possible to quantitatively assess how this route is operational study and the performance of the routes, which allows to know the effectiveness of the routes; A general economic analysis was also carried out to calculate the profits and losses of the system to verify if they are economically stable. This means that the passenger demand that this has will satisfy the operating expenses and determine how economically feasible the feeder routes under study are.

* Bachelor Thesis

** Escuela de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Durán

Introducción

El acelerado crecimiento de la población, en las ciudades del país y del mundo, trae consigo un aspecto importante a tener en cuenta para el desarrollo de las mismas, como lo es el transporte. A medida que pasa el tiempo las carreteras empiezan a quedarse pequeñas para la cantidad de automotores que transitan, y, por lo mismo el transporte público se debe ir optimizando de manera que pueda satisfacer las necesidades de la población.

El Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea, siendo uno de los principales medios de transporte público en el Área Metropolitana de Bucaramanga debe tener una buena organización y ejecución de manera que pueda satisfacer las necesidades del público y al mismo tiempo generar cierta rentabilidad, por lo que se hace necesario un estudio de las rutas con el fin de chequear e identificar falencias en la estructura del mismo y así poder corregir a tiempo, logrando mejor servicio a los pasajeros y optimizando los costos que este pueda generar.

1. Objetivos

1.1 Objetivos Generales

Verificar el comportamiento operacional de las rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, Y APD8 del SITM mediante la estrategia de sube y baja de pasajeros a cada una de las unidades transportadoras.

1.2 Objetivos Específicos

- Analizar el perfil de carga de las rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, Y APD8, frente a la capacidad de la unidad transportadora.
- Analizar la longitud y el ciclo de las rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, Y APD8, en relación con la programación, la velocidad de operación y el congestionamiento para determinar su eficiencia.
- Examinar el índice de pasajeros por kilómetro de recorrido y su comportamiento frente a lo manifestado en los documentos Conpes para Metrolínea y los sistemas de transporte masivo.
- Determinar la flota operacional, efectiva y de reserva para cada una de las rutas diagnosticadas.

- Realizar un análisis preliminar económico de los ingresos tarifarios y los costos de operación de la ruta diagnosticada.

2. Marco teórico

2.1 Documento Conpes 3552 de 2008

En el documento Conpes¹ 3552 de 2008, el cual habla sobre el SITM, se plasma lo siguiente: “La nueva propuesta operacional considera la creación de nuevos servicios pretroncales saliendo de las cuencas alimentadoras principales en el municipio de Floridablanca (pretroncal de la Cumbre y Bucarica) y en el municipio de Bucaramanga (pretroncal de la Carrera 33), aumentando su cobertura al 66% de la demanda de pasajeros movilizados del Área Metropolitana de Bucaramanga, lo que implica la realización de 939.630 abordajes en el AMB y 619.976 abordajes para el Sistema Metrolínea, que traducidos en viajes pagos representan 707.100 en el AMB y 387.446 en el Sistema Metrolínea, para el año 2009”(Conpes, 2008). Dejando, de esta manera, un indicativo para medir su progreso con el tiempo: su cobertura.

El porcentaje de la cobertura del SITM en el Área Metropolitana de Bucaramanga, hasta el momento no ha cumplido con lo esperado, tal y como se puede notar en la siguiente información:

“En el primer trimestre de 2017, el sistema de transporte masivo Metrolínea contó con un promedio mensual de 187 vehículos en servicio, presentando una disminución de 13,6% con respecto al mismo período de 2016. De igual forma, transportó 8,4 millones de pasajeros,

¹ Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia Departamento Nacional de Planeación.

equivalentes al 38,7% de los usuarios movilizados en el área metropolitana, lo que significó una disminución de 7,8% en el número de pasajeros transportados con respecto al primer trimestre de 2016” (DANE, 2017).

2.2 Índice de pasajeros por kilómetro

Índice pasajeros kilómetro	
Descripción	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.
Objetivo / Meta	Mejorar la efectividad del sistema de transporte masivo
Unidad de medición	Pasajeros pagos diarios / kilómetros recorridos diarios
Metodología de cálculo	Obtener los pasajeros pagos en un día hábil, por ejemplo un miércoles, en troncales (líneas férreas) a partir de los registros de las barreras de control de acceso (en estaciones y vehículos alimentadores) y dividirlo por los kilómetros recorridos en servicios troncales (o de metro) por día en operación. Se debe calcular y reportar el IPK promedio para cada mes, y el IPK de cada uno de los meses debe ser reportado como máximo al final del trimestre correspondiente a ese mes.
Fuentes de información y responsables	Ente gestor a partir de información suministrada por el sistema de recaudo del sistema de transporte masivo, el sistema de control y programación de flota del sistema de transporte masivo.
Limitaciones	En los casos en que por las características del servicio otras rutas no troncales (rutas auxiliares o pretroncales) se consideren por la entidad gestora de igual jerarquía que las rutas troncales o sea imposible diferenciar los pasajeros pagos de los subsistemas se debe unificar el cálculo. Se debe poner atención en el reporte de este indicador porque puede estar asociado a procesos contractuales de los sistemas y por lo tanto se debe garantizar la consistencia en ese sentido.
Línea base	Indicador de seguimiento una vez el proyecto esté en funcionamiento. Un valor de referencia posible sería el IPK del sistema de transporte público colectivo tradicional que se puede obtener a partir de información reportada por el DAIE trimestralmente.
Periodo básico de cálculo del indicador	Mensual
Frecuencia de reporte del indicador	El indicador debe reportarse a más tardar 15 días después de finalizar el trimestre del mes a ser reportado
Otros indicadores cuya información básica puede ser obtenida simultáneamente a la de este indicador	Accidentes en el sistema de transporte masivo por cada millón de pasajeros pagos Ingresos diarios del sistema de transporte masivo Proporción de los pasajeros pagos del sistema de transporte masivo que usan servicios de alimentación

Figura 1 información sobre el índice de pasajeros por kilometro

Tomado de (Ministerio de Transporte de Colombia, n.d.)

“Indicadores como el recorrido promedio mensual, el número de pasajeros movilizados y la velocidad de operación constituyen, junto con el IPK, el sistema de control de operación de la flota y dan elementos de juicio a la organización para la toma de decisiones sobre la calidad de la prestación del servicio”.(Pontificia Universidad Javeriana. & Burbano Valente, 2005)

“La suma de la flota efectiva más la flota de reserva constituye la flota operacional (FO), que es el número de vehículos con que contará la empresa para prestar el servicio en cada ruta”.(Pontificia Universidad Javeriana. & Burbano Valente, 2005)

Con respecto al análisis económico es importante tener en cuenta la manera en que el Área Metropolitana de Bucaramanga hace el estudio y cálculo de tarifas, como se plasma en el documento “ANÁLISIS ECONÓMICO -ESTUDIO Y CÁLCULO DE TARIFAS – 2016”.(Área Metropolitana de Bucaramanga, 2016)

2.3 Recuento de ascenso y descenso de pasajeros

Permiten determinar la ocupación del vehículo en cualquier punto y el movimiento de ascenso y descenso de pasajeros en cada parada. Este estudio debe hacerse frecuentemente para conocer los cambios de demanda y la variación diaria, semanal, cíclica o a través de los años.

También permite localizar los puntos de carga máxima. Sirve para determinar si una ruta puede reducirse en longitud de recorrido. Ayuda en la localización de puntos de retorno. Permite determinar cuáles paradas pueden eliminarse o cambiarse de lugar, programándose un número promedio de paradas por kilómetro de recorrido y el tiempo apropiado para recorrerla.

En el recuento directo, además de anotar el número de pasajeros que asciende y desciende, debe anotarse la hora de llegada y de salida en cada parada. La práctica aconseja que se hagan recuentos en varios viajes dentro de la hora de máxima demanda y en horas intermedias, para obtener un muestreo representativo. (Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 1995, p.508).

3. Metodología

3.1 Demanda de viajes del Sistema Integrado de Transporte Masivo

3.1.1 Búsqueda de información de las rutas para la realización de esta propuesta

Se busca en la página oficial del SITM información sobre las rutas, tales como: Hora de inicio del recorrido, hora del fin del recorrido, sitio donde comienza el recorrido, cada una de las paradas que hace, entre otros.

3.1.2 Identificación de una demanda aproximada de viajes del SITM

Por medio de un contraste visual se puede apreciar los momentos en que los alimentadores tengan gran demanda de pasajeros (horas pico), y también cuando hay poca demanda (horas valle), para tener una mejor concepción de en qué momentos hacer los aforos.

3.1.3 Exploración mediante aforos por el método de sube y baja de pasajeros

Se elaboran unos formatos para tomar datos en las rutas de estudio. Se registrarán las horas de llegada a cada parada, la cantidad de personas que se suben y bajan en cada parada, entre otros datos.

3.1.4 Registro de la información

Los datos tomados en campo serán registrados en formatos prediseñados en Excel para facilitar los cálculos a realizar.

3.2 Estructura de la oferta del Sistema Integrado de Transporte Masivo

3.2.1 Capacidad de la flota del sistema, por tipología

La capacidad de la flota depende del tipo de vehículo utilizado para cada ruta (alimentador, padrón o articulado), estos datos se pueden verificar dependiendo del tipo vehículo (alimentador, padrón o articulado) buses, también es necesario conocer la cantidad de buses destinados, por el Metrolínea, para cubrir estas rutas.

3.2.2 Flota asignada por el SITM por cada una de las rutas

La flota asignada por el SITM a cada ruta se obtiene directamente de información suministrada por Metrolínea.

3.3 Investigación del IPK (Índice de Pasajeros por Kilómetro)

3.3.1 IPK por tipología

El índice de pasajeros por kilómetro es calculado en base a la información tomada con los aforos. Cabe aclarar que las rutas de estudio en este proyecto son de tipo alimentadora.

3.3.2 Perfil de carga en tramos más cargados y a lo largo del recorrido

El perfil de carga se determina en los tramos del recorrido donde el vehículo está más lleno de pasajeros, esto se calcula en base a la información tomada con los aforos.

3.3.3 Longitud, ciclo y velocidad de las rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, y APD8

El ciclo y velocidad se calcula dependiendo de la velocidad operacional y velocidad comercial de la ruta en base a la información recolectada con los aforos. La longitud se determina con ayuda informática (Google Maps).

3.3.4 Medida de eficiencia de la ruta, frente al perfil de carga y el congestionamiento vehicular

La eficiencia es función del IPK y que se evalúa mediante unas tablas con valores establecidos, también el desempeño de la ruta depende directamente de la velocidad comercial y velocidad operacional, factores que afectan en la medida de la eficiencia de la ruta

3.4 Flota total necesaria y suficiente

3.4.1 Cálculo de la flota operacional, efectiva y de reserva, de acuerdo con el perfil de carga diagnosticado

Una vez se obtienen los elementos del ítem 3.3, determinamos cuál sería la flota necesaria para la demanda encontrada.

3.4.2 Cálculo y registro de la información, sobre la ruta diagnosticada, longitud, velocidad, ciclo, demanda aproximada en pasajeros/día y en pasajeros/hora, intervalos de paso o frecuencias y kilómetros recorridos

3.5 Análisis preliminar económico

3.5.1 Análisis de la tarifa del SITM

En este punto analizamos y calculamos en base al IPK y teniendo en cuenta la eficiencia de la ruta y muchos factores que afectan directamente como los son todos los gastos operacionales que genera la ruta, la demanda de pasajeros entre otras que afectan directa e indirectamente el costo final de la tarifa que se le cobra al usuario.

3.5.2 Análisis de los costos de operación de la ruta por kilómetro

En este punto se analiza cuidadosamente el costo que genera la operación óptima de la ruta donde por medio de ecuaciones se calcula el costo de todos los factores que intervienen en los gastos operacionales entre estos el combustible, el aceite, repuestos del vehículo como también el salario que recibe el conductor, entre otros.

3.5.3 Análisis preliminar comparativo entre los ingresos tarifarios y los costos de la operación de cada ruta diagnosticada

Se hace una comparación entre el dinero aproximado que generan los pasajes de los usuarios con lo que cuesta mantener estas rutas operando.

4. Resultados

4.1 Análisis del perfil de carga de las rutas

Conocer la demanda de pasajeros en un sistema de transporte es un factor muy importante para tener en cuenta a la hora de realizar un diagnóstico operacional de alguna ruta, esta da un indicio de cuánto ingresa económicamente al sistema, también permite determinar cuántas unidades transportadoras son necesarias para cubrir dicha demanda. Estos datos se obtienen mediante aforos¹ tomados durante los días 21 y 22 del mes de marzo de 2017, siguiendo la metodología de sube y baja de pasajeros, donde la persona hace el recorrido dentro del bus para anotar los tiempos, y la cantidad de usuarios que ascienden y descienden en cada parada del recorrido. Los aforos son tomados con el formato mostrado en el Apéndice A.

El análisis de perfil de carga en función de la capacidad máxima de la unidad transportadora sirve para observar gráficamente el movimiento de pasajeros a lo largo de todo el recorrido lo cual permite, de igual manera, identificar las estaciones o paradas con mayor demanda de pasajeros; estas gráficas muestran la cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada parada, la cantidad de usuarios a bordo del vehículo durante todo el recorrido, la cantidad de asientos de la unidad transportadora y la capacidad máxima de la misma.

A continuación, se realiza un análisis de los perfiles de carga para cada una de las rutas en dos escenarios: pico y valle, los cuales representan los recorridos con mayor y menor demanda de pasajeros, respectivamente.

¹ Formato para recolección de datos. (Ver apéndice A)

4.1.1 Perfil de carga de la ruta APD1

En la figura 2, se aprecia el comportamiento de la ruta APD1 en hora pico. Los pasajeros que se bajan están distribuidos en todos los paraderos de la ruta pero la mayor parte de pasajeros descienden en la estación Temprana de Piedecuesta para posiblemente hacer transbordo en el sistema y continuar su recorrido; también se puede notar que en la mayoría de los paraderos se recogen pasajeros lo que evidencia la importancia de estos paraderos estratégicos haciendo que el alimentador recoja constantemente pasajeros; nótese que los pasajeros a bordo superan el número de asientos del bus, lo que da una percepción de ir lleno en la mayoría del recorrido, lo que representan buenos ingresos económicos.

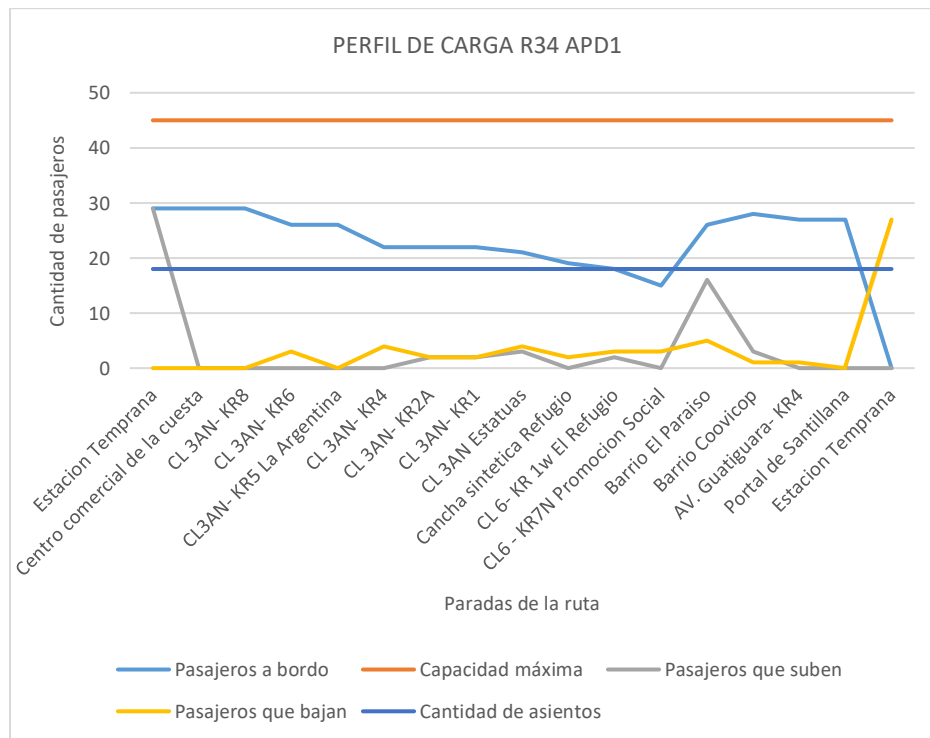


Figura 2 Perfil de carga del recorrido 34 de la ruta APD1, escenario pico

La figura 3 refleja la situación de la ruta APD1 en hora valle, la cual se presentó alrededor de las 5:50 pm comenzando su recorrido con cinco pasajeros, posiblemente provenientes de Bucaramanga que hacen transbordo para llegar a su destino que son las residencias aledañas al tramo trazado por la ruta APD1. A lo largo de todo el recorrido no se recogieron pasajeros, lo que hace de este viaje uno de los más pobres de esta ruta.

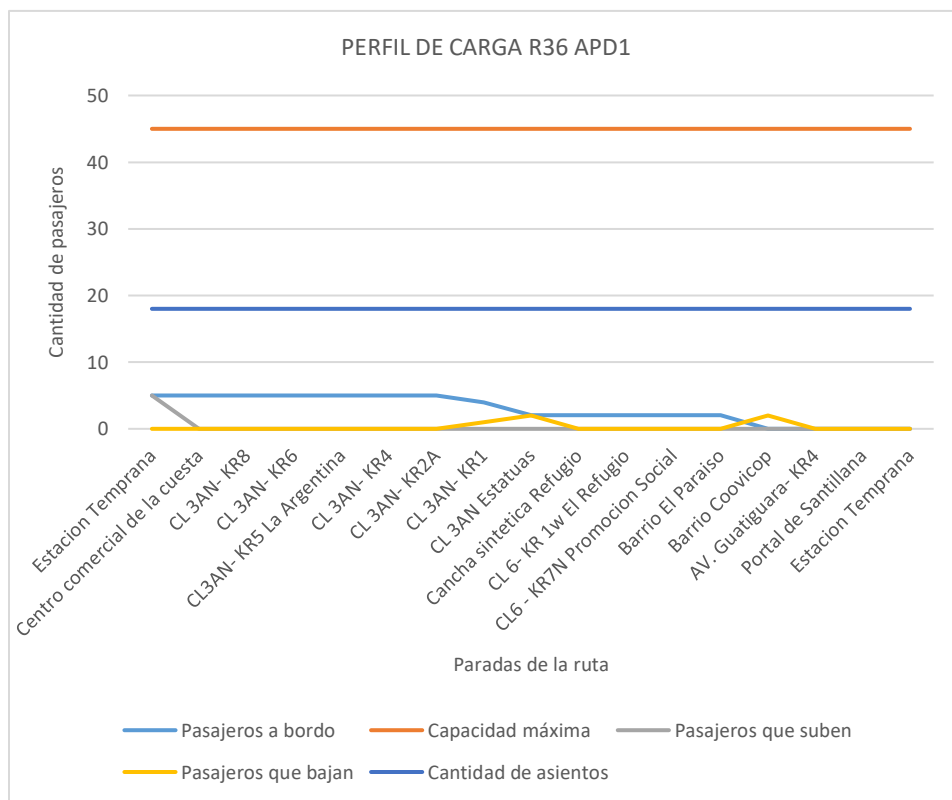


Figura 3 Perfil de carga del recorrido 36 de la ruta APD1, escenario valle

4.1.2 Perfil de carga de la ruta APD2

El perfil de carga ilustrado en la figura 4, es el recorrido de mayor demanda de pasajeros de la ruta APD2 el cual se presenta a las 6:50 am, una hora en la que los piedecuestanos que posiblemente inicien su jornada laboral a las 8:00 am, salen a buscar transporte. Este viaje muestra en primer lugar el traslado de una gran cantidad de usuarios hacia su destino, lo cual generalmente se da antes de completar la mitad del recorrido donde se empieza a notar que el bus tiende a quedar vacío; en segundo lugar, se aprecia cómo el alimentador comienza a recoger pasajeros para llevarlos hacia la estación Temprana de Piedecuesta, donde podrán hacer transbordo a otras rutas que les ayude a llegar a su destino.

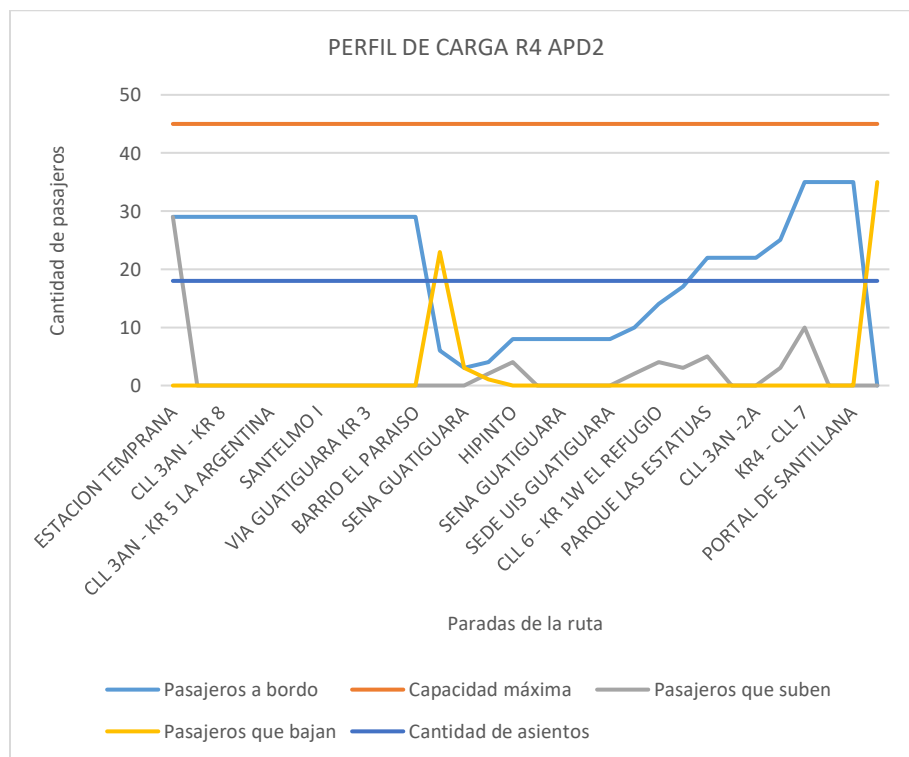


Figura 4 Perfil de carga del recorrido 4 de la ruta APD2, escenario pico

Por otro lado, aquí se presenta el perfil de carga para el recorrido de menor demanda de pasajeros para la ruta APD2.

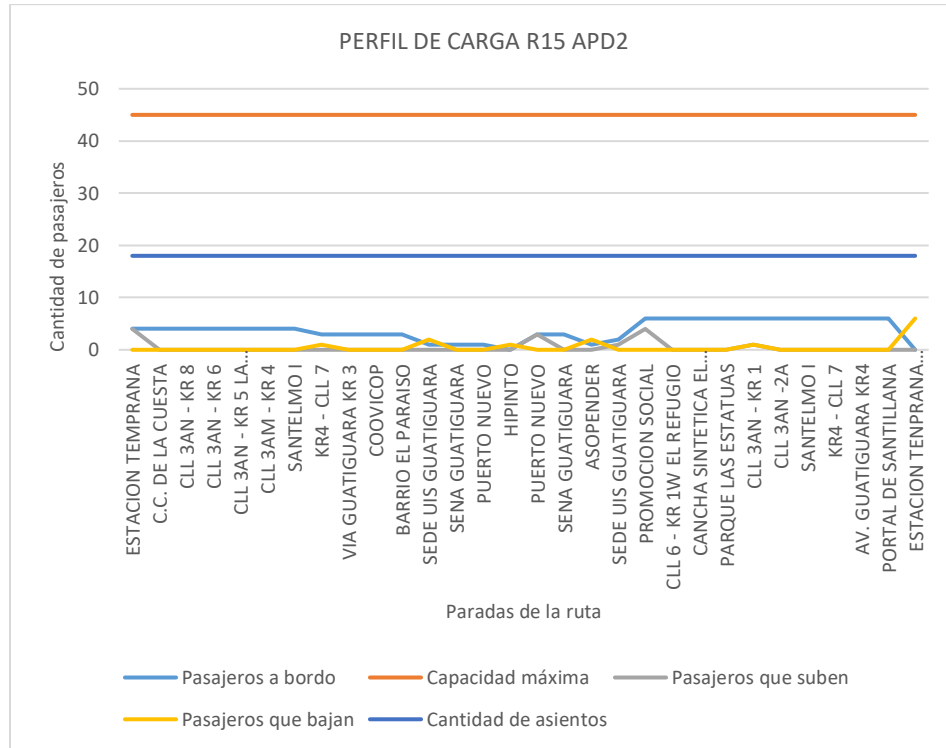


Figura 5 Perfil de carga del recorrido 15 de la ruta APD2, escenario valle.

Este perfil de carga a pesar de ser el recorrido más pobre en demanda de pasajeros permanece con usuarios durante todo el recorrido.

4.1.3 Perfil de carga de la ruta APD4

El perfil de carga de mayor demanda de pasajeros de la ruta APD4 se presentó a las 6:57 am lo que concuerda con lo mencionado anteriormente sobre la influencia de los horarios de trabajo de

las personas en el área metropolitana de Bucaramanga. Este recorrido permite evidenciar de cierta manera, que hay mayor demanda para ir hacia Floridablanca o Bucaramanga, que para ir a Piedecuesta tal y como lo muestran los pasajeros que se suben al inicio del recorrido y los que se bajan al final. Cerca de quince pasajeros son llevados a su destino en Piedecuesta, mientras que los que buscan hacer transbordo en la estación Temprana se acercan a cincuenta personas.

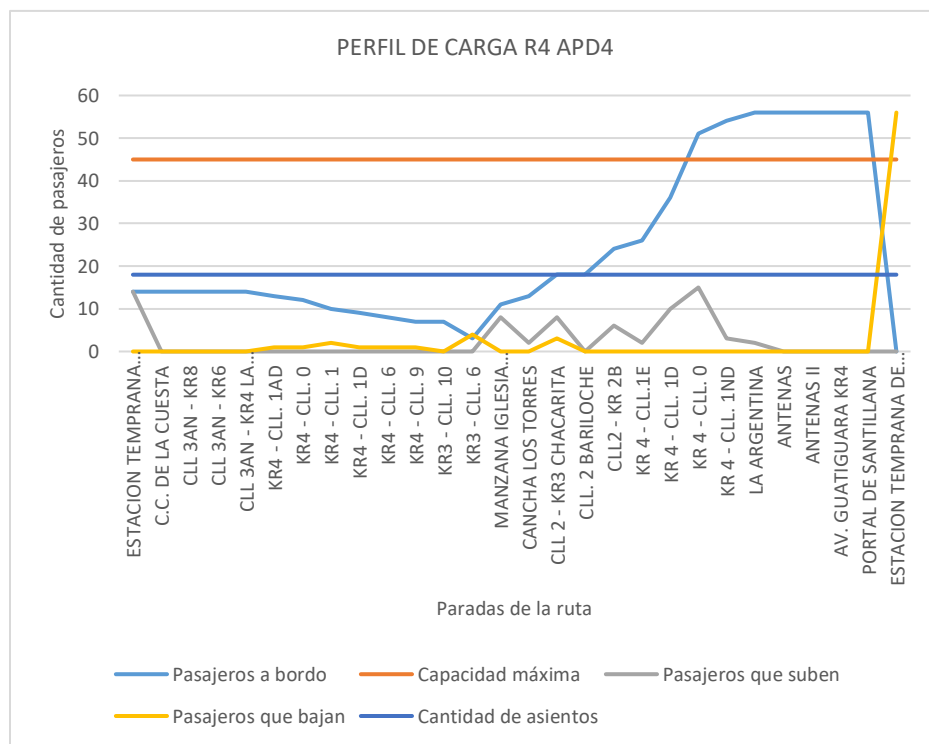


Figura 6 Perfil de carga del recorrido 4 de la ruta APD4, escenario pico.

En el siguiente gráfico (figura 7) se puede ver el perfil de carga para el recorrido de menor demanda de pasajeros que se presenta a la 1:20 pm donde la mayoría de los pasajeros que suben al alimentador lo hacen en la Estación Temprana provenientes de otras rutas troncales, y se bajan

a lo largo del recorrido, pero sin recoger buena cantidad de pasajeros en el mismo lo cual causa un detrimento en los ingresos que permiten el buen funcionamiento o financiamiento al fin de la ruta.

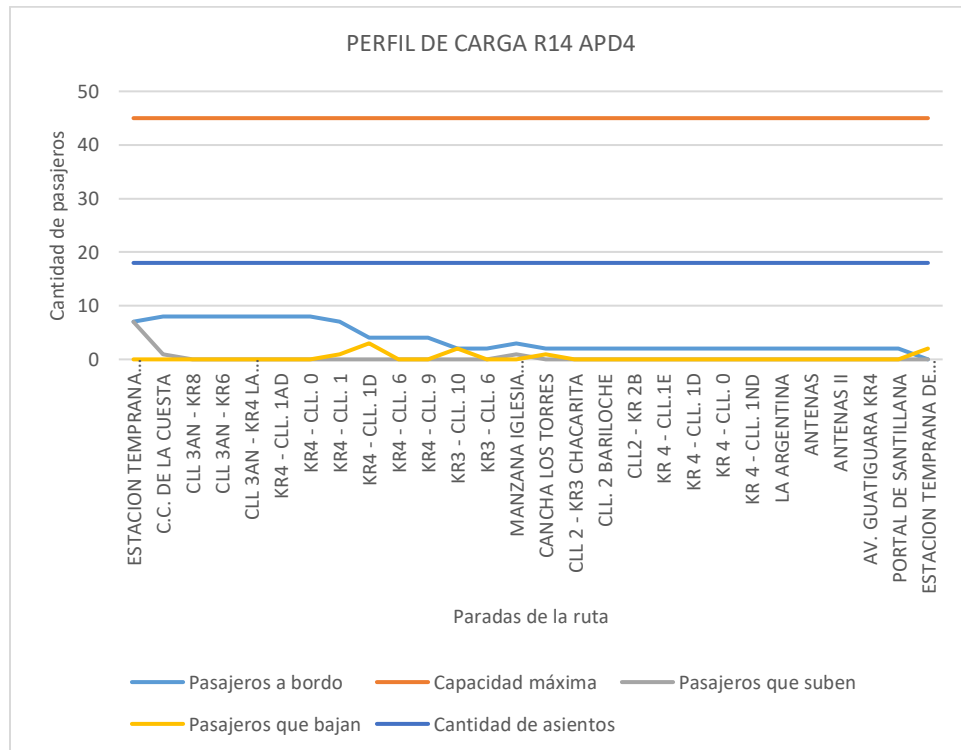


Figura 7 Perfil de carga del recorrido 14 de la ruta APD4, escenario valle.

4.1.4 Perfil de carga de la ruta APD6

En esta ilustración (Figura 8), se aprecia el comportamiento del recorrido 1 de la ruta APD6 según los datos obtenidos en los aforos. Cabe destacar que, a lo largo de todo el recorrido, el alimentador tuvo la mayor demanda de pasajeros de todos los aforos hechos para esta ruta. Se puede notar, aquí, que las personas que se bajan lo hacen de una manera bastante distribuida a lo largo de todo el trayecto, de esta manera se entiende que la ruta tiene paradas con gran importancia para el

público. Las personas que se suben se hacen más notorias al superar la mitad de las paradas del recorrido, es decir, cuando el alimentador se está devolviendo. Cabe resaltar que una parte considerable del recorrido está con las sillas totalmente ocupadas y con pasajeros de pie, lo que da un buen indicio sobre la funcionalidad de esta ruta.

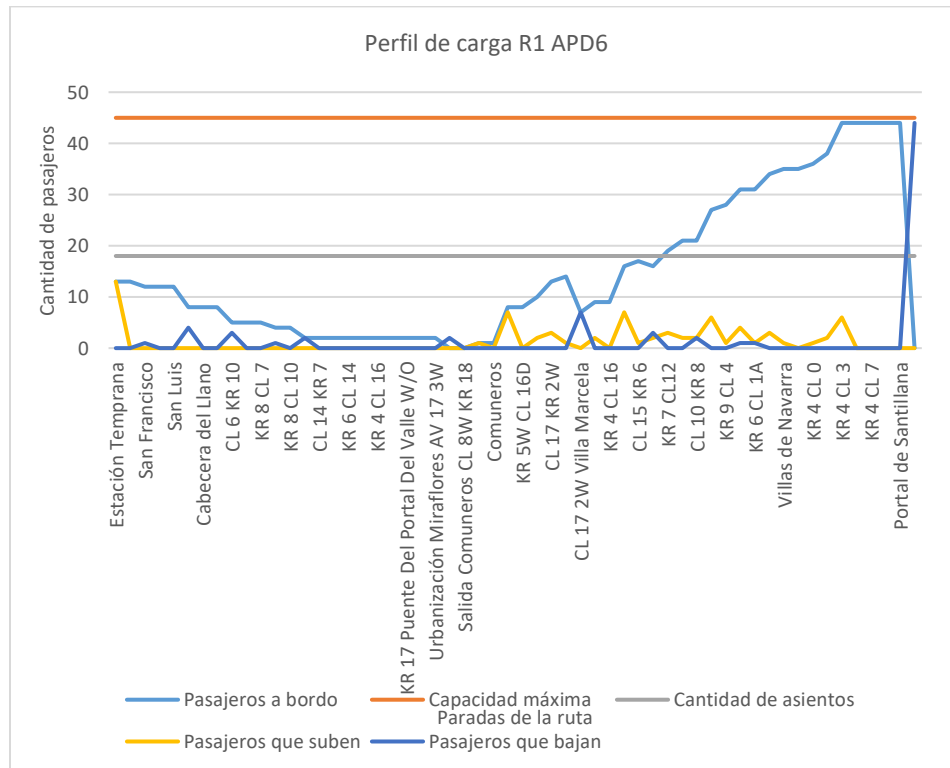


Figura 8 Perfil de carga del recorrido 1 de la ruta APD6, escenario pico.

Por otra parte, tenemos el recorrido con menos demanda de esta ruta, en este trayecto se ve gran pobreza en lo que a demanda de pasajeros se refiere, pues se observa una gran parte del trayecto sin algún tipo de movimiento; nadie se sube y nadie se baja, es decir, que se tiene un vehículo con un tramo en el que sólo consume combustible y genera otro tipo de gastos. Pero, se debe tener en cuenta que este recorrido se ve afectado por la hora en que se da, pues inicia su travesía a las 6:51 pm y finaliza a las 7:38 pm, que es una hora donde las personas tienen a ir a sus casas a descansar;

a diferencia del recorrido 1 que comenzó a las 5:37 de la mañana, que es un momento en el que varias personas esperan asistir a su trabajo o sitio de estudio.

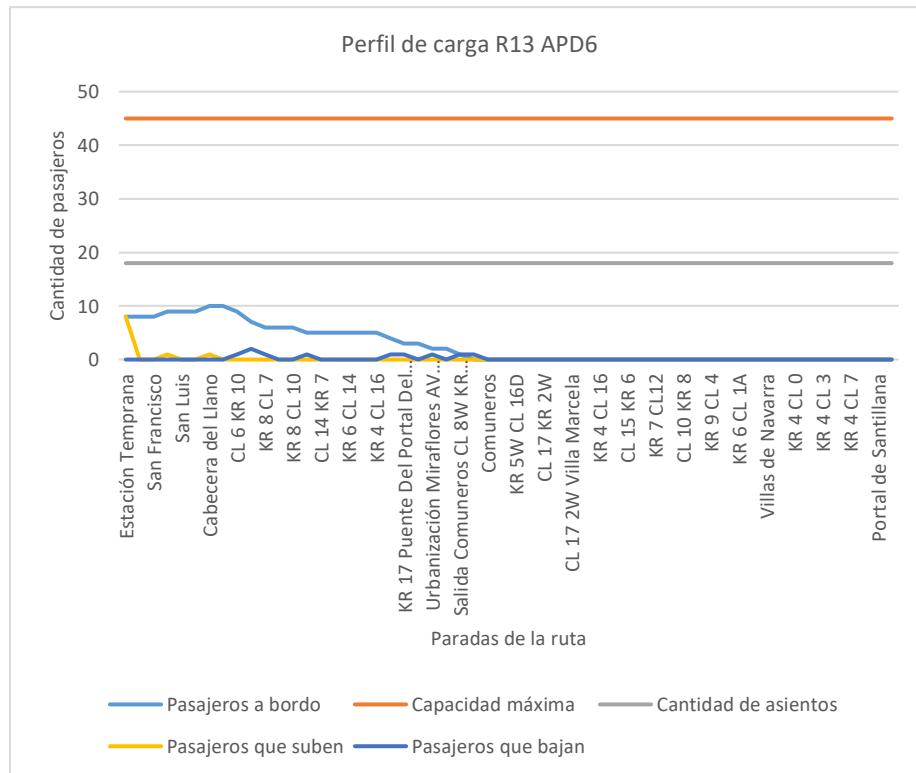


Figura 9 Perfil de carga del recorrido 13 de la ruta APD6, escenario valle.

4.1.5 Perfil de carga de la ruta APD7

En el recorrido con menor demanda de la ruta APD7, se visualizó que a pesar de los pocos pasajeros que hay en el recorrido, este los mantiene casi constante a lo largo del recorrido. Este a diferencia del recorrido 13 de la ruta APD6, no se da en horas de la noche, se da en la tarde,

iniciando a las 3:01 pm. Por lo que se pudo asociar con los horarios de trabajo generalmente usados en Colombia, donde la entrada a colegios y trabajos oscila entre las 6 y 9 am, se tiene salida de estudiantes y trabajadores para el almuerzo en un horario de 12 a 2 pm aproximadamente, y con el regreso a casa de los empleados públicos o privados que tienden a salir entre las 5 y 7 de la noche.

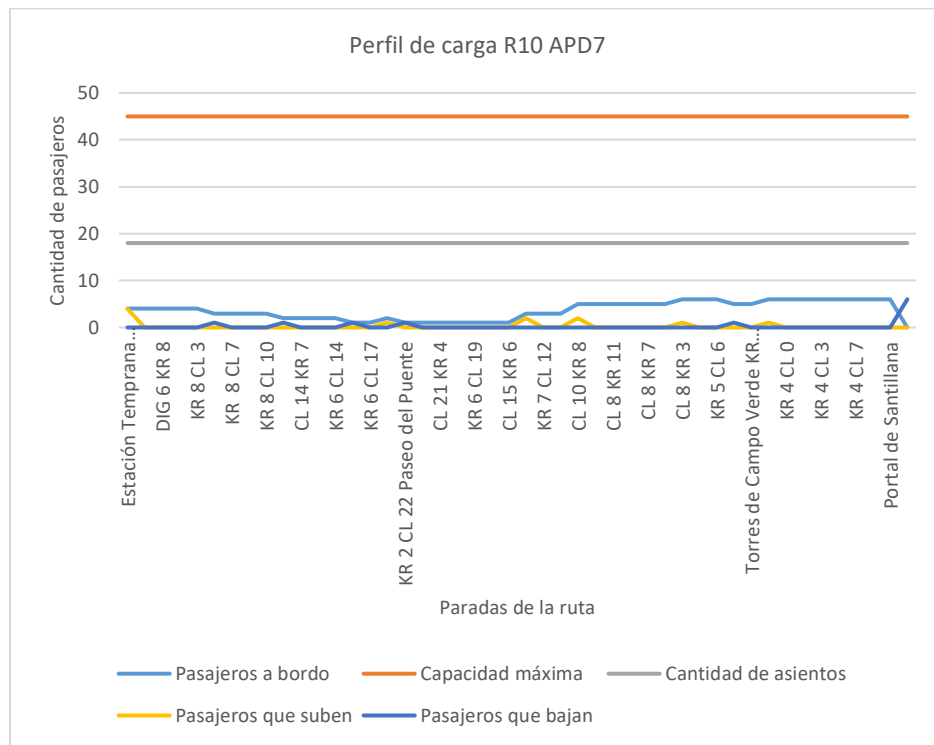


Figura 10 Perfil de carga del recorrido 10 de la ruta APD7, escenario valle.

El recorrido 14 de esta ruta marcó la mayor demanda de pasajeros mostrando claramente la función de estos buses, que es la alimentación: desde la estación, los usuarios, son transportados hacia sus hogares y recoge los demás alimentando la estación Temprana de Piedecuesta, donde los pasajeros podrán tomar la ruta que los lleve al destino que desean.

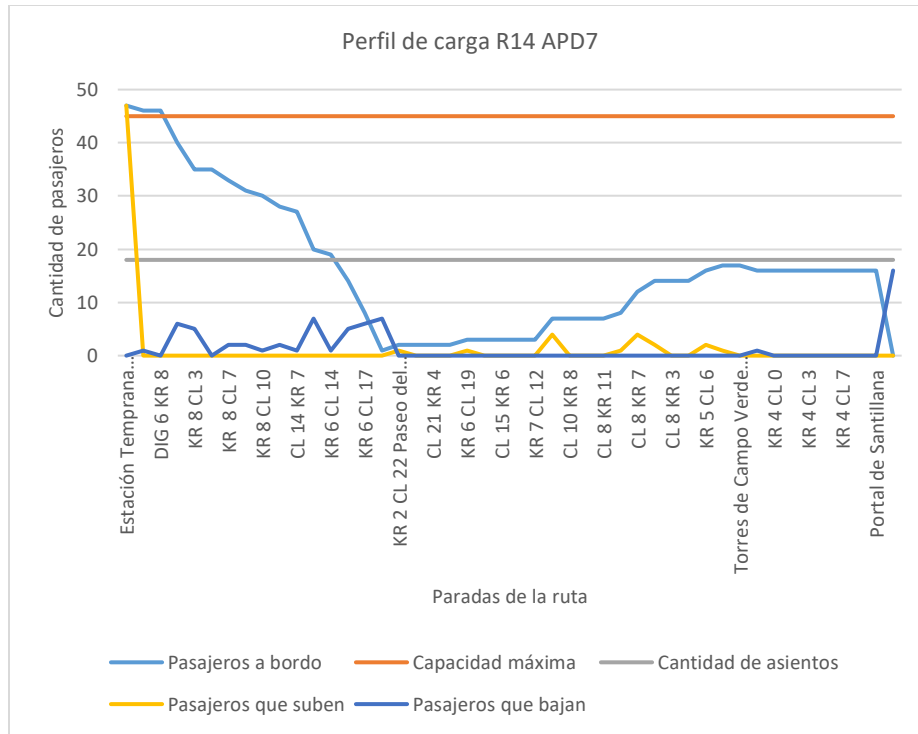


Figura 11 Perfil de carga del recorrido 14 de la ruta APD7, escenario pico.

4.1.6 Perfil de carga de la ruta APD8

En esta gráfica (figura 12) se refleja la demanda de pasajeros máxima dentro de los 23 aforos realizados a esta ruta, y a pesar de eso tiene un saldo muy bajo de usuarios. Es muy importante resaltar que este recorrido es el único que no inicia en la estación Temprana de Piedecuesta y tampoco llega a esta, y que maneja un horario diferente al de las demás rutas pues estas operan de 5:00 am – 9:00 am, y de 5:00 pm – 9:00 pm. Prácticamente sólo se está implementado esta ruta en horas “pico” y a pesar de esto no se ve mucho flujo de pasajeros.

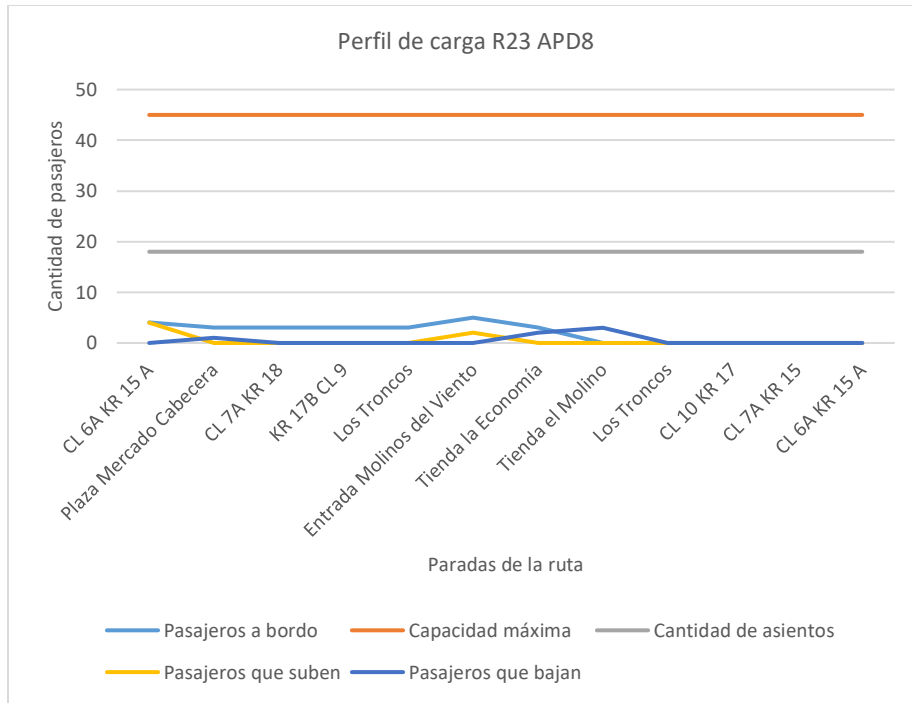


Figura 12 Perfil de carga recorrido 23 de la ruta APD8, escenario pico.

En el recorrido 5 (figura 13) ilustrado en la siguiente gráfica, se observa que no hay flujo de pasajeros en lo absoluto, esto representa pérdidas monetarias importantes, pues al igual que este recorrido hay varios que terminan el trayecto sin que algún usuario suba o baje del alimentador, se tiene un bus generando costos, viajando generalmente vacío.

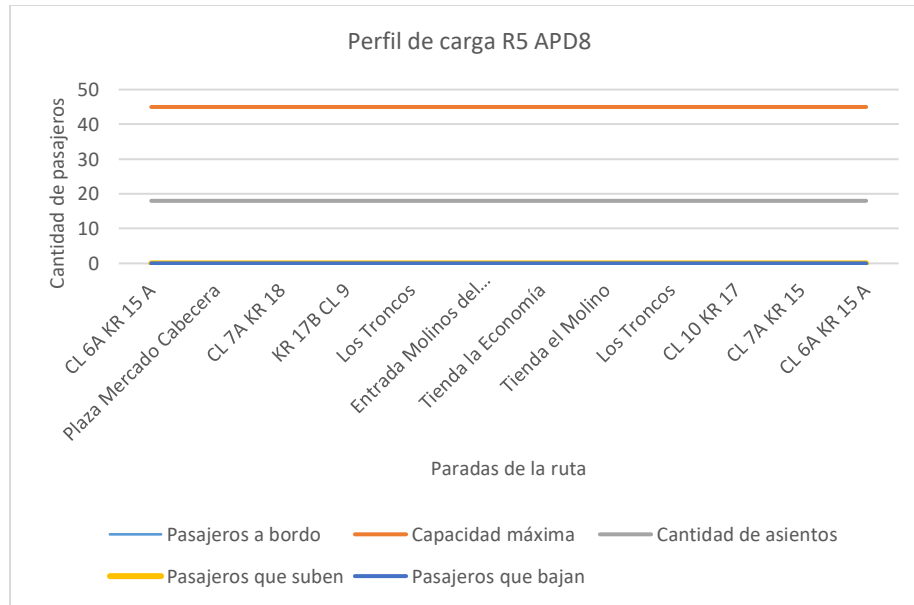


Figura 13 Perfil de carga del recorrido 5 de la ruta APD8, escenario valle.

Los perfiles de carga para cada uno de los recorridos se pueden observar en el Apéndice C para las rutas APD1, APD2, y APD4, y en el Apéndice D para las rutas APD6, APD7, y APD8.

4.2 Análisis operacional de las rutas

El análisis operacional tiene en cuenta la velocidad operacional y la velocidad comercial de las rutas, que dependen directamente de la longitud, el ciclo, los tiempos de atención en cada parada y los de aceleración y desaceleración que son calculados basado en la información obtenida en campo.

4.2.1 Longitudes de las rutas

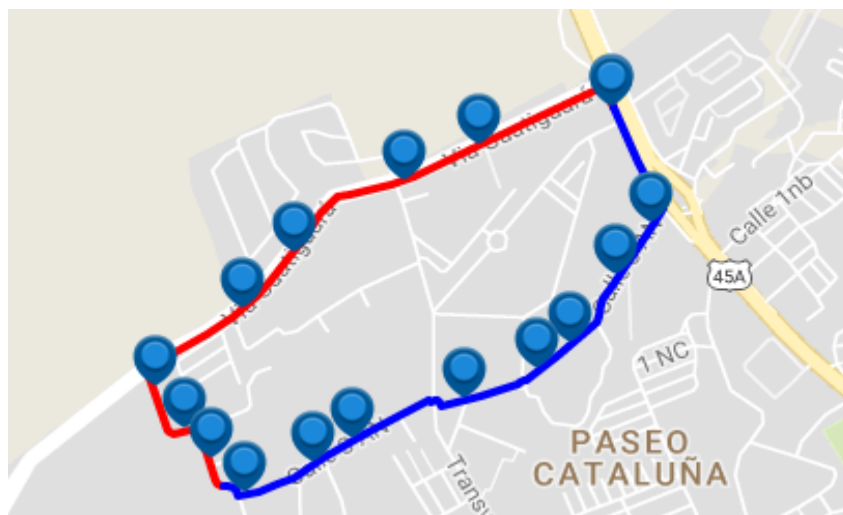


Figura 14 Trazado de la ruta APD1 mediante la herramienta de Google Maps. (Metrolínea, n.d.)

En la figura 14 se muestra el trazado de la ruta alimentadora APD1 donde se calculó la longitud de la misma que es de 3,3 km.

Con ayuda de Google Maps se trazan las rutas siguiendo las direcciones de los paraderos basados en la información recolectada en los aforos y son resumidas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Longitudes de las rutas.

Ruta	Longitud [km]
APD1	3,3
APD2	7,3
APD4	5,4
APD6	11,3
APD7	10,0

APD8	2,9
------	-----

4.2.2 Ciclo de las rutas

Teniendo en cuenta la información de los aforos se obtuvo el ciclo¹ que es una de las variables para obtener la velocidad comercial, analizándolos en tres situaciones: hora pico, hora valle, y promedio de todos los aforos. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 2. Resumen ciclo de cada ruta

Ruta		Ciclo [minutos]
APD1	Valle	10
	Promedio	13
	Pico	16
APD2	Valle	19
	Promedio	20
	Pico	20
APD4	Valle	20
	Promedio	19
	Pico	23
APD6	Valle	47
	Promedio	47
	Pico	52
APD7	Valle	45
	Promedio	42
	Pico	48
APD8	Valle	13
	Promedio	14
	Pico	16

¹ El ciclo es el tiempo (minutos) que tarda la unidad transportadora en recorrer todo el trayecto de la ruta.

4.2.3 Velocidad comercial de las rutas

La velocidad comercial vendría siendo,

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

A continuación, se presentan los resultados de todas las rutas

Tabla 3. Resumen velocidades comerciales de cada ruta.

Ruta		Ciclo [minutos]	Longitud [km]	Velocidad comercial [km/h]
APD1	Valle	10	3,3	20
	Promedio	13	3,3	16
	Pico	16	3,3	12
APD2	Valle	19	7,3	23
	Promedio	20	7,3	22
	Pico	20	7,3	22
APD4	Valle	20	5,4	16
	Promedio	19	5,4	16
	Pico	23	5,4	14
APD6	Valle	47	11,3	14
	Promedio	47	11,3	14
	Pico	52	11,3	13
APD7	Valle	45	10	13
	Promedio	42	10	14
	Pico	48	10	12
APD8	Valle	13	2,9	14
	Promedio	14	2,9	13
	Pico	16	2,9	11

Se puede evidenciar que en las primeras 3 rutas alimentadoras (APD1, APD2, APD4) las velocidades son relativamente altas debido a que la mayoría de los tramos son residenciales y teniendo en cuenta que en hora pico el tráfico aumenta y afecta directamente la velocidad comercial además de otras externalidades; haciendo referencia a las tres rutas restantes exceptuando la ruta APD8 sus recorridos pasan por la zona centro del municipio de Piedecuesta donde se concentra la mayoría del tráfico debido al comercio y otros factores que incrementan en gran medida el flujo vehicular en estos tramos.

4.2.4 Velocidad operacional de las rutas

La velocidad operacional, por otro lado, requiere de los tiempos de aceleración y desaceleración del vehículo, junto con los tiempos de atención en cada parada; dichos datos son tomados en campo (ver anexos). Esta velocidad la podemos calcular de la siguiente manera:

$$VOi = \frac{x_i}{\frac{x_i}{v_{m\acute{a}x}} + p(ta + td) + \sum_1^p TAp} \quad (2)$$

Siendo:

x_i : Extensión del tramo i

$v_{m\acute{a}x}$: Velocidad máxima en el tramo i

P : Número de paradas del tramo i

$ta + td$: Tiempo de aceleración/desaceleración en una parada

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

Los cálculos se consignan en la siguiente tabla

Tabla 4. *Tabla resumen, ciclo, longitud, velocidad comercial, velocidad operacional.*

Ruta		Ciclo [minutos]	Longitud [km]	Velocidad comercial [km/h]	Velocidad Operacional [km/h]
APD1	Valle	10	3,3	20	27
	Promedio	13	3,3	16	27
	Pico	16	3,3	12	27
APD2	Valle	19	7,3	23	30
	Promedio	20	7,3	22	30
	Pico	20	7,3	22	30
APD4	Valle	20	5,4	16	25
	Promedio	19	5,4	16	25
	Pico	23	5,4	14	25
APD6	Valle	47	11,3	14	23
	Promedio	47	11,3	14	23
	Pico	52	11,3	13	23
APD7	Valle	45	10	13	25
	Promedio	42	10	14	25
	Pico	48	10	12	25
APD8	Valle	13	2,9	14	29
	Promedio	14	2,9	13	29
	Pico	16	2,9	11	29

4.2.5 Desempeño de las rutas

Es importante tener en cuenta que la velocidad operacional debe ser mayor que la velocidad comercial ya que es la velocidad a la cual el desempeño¹ sería máximo.

$$Desempeño = \frac{Vel\ comercial}{Vel\ operacional} * 100 \quad (3)$$

Sintetizando los cálculos realizados tenemos la siguiente tabla

Tabla 5. Tabla cálculo del desempeño en porcentaje de cada ruta y en cada uno de los tres escenarios.

Ruta		Velocidad comercial [km/h]	Velocidad Operacional [km/h]	Desempeño %
APD1	Valle	20	27	74
	Promedio	16	27	59
	Pico	12	27	44
APD2	Valle	23	30	77
	Promedio	22	30	73
	Pico	22	30	73
APD4	Valle	16	25	64
	Promedio	16	25	64
	Pico	14	25	56
APD6	Valle	14	23	61
	Promedio	14	23	61
	Pico	13	23	57
APD7	Valle	13	25	52
	Promedio	14	25	56
	Pico	12	25	48
APD8	Valle	14	29	48
	Promedio	13	29	45
	Pico	11	29	38

¹ El índice de desempeño es la relación entre la velocidad comercial y la velocidad operacional, este nos indica qué tan eficaz es la ruta a la hora de realizar su recorrido.

Analizando los porcentajes obtenidos queda en evidencia que las rutas APD1, APD2, APD4 presentan un desempeño por encima del 50 % , a diferencia de las rutas APD6, APD7, APD8 que se mantienen alrededor del 50 % del desempeño, la velocidad operacional es mayor que la comercial ya que la velocidad operacional tiene en cuenta todos los tiempos que la ruta alimentadora utiliza a la hora de prestar un buen servicio, entre estos se encuentran los tiempos de atención que son los empleados por los usuarios para subir y bajar del vehículo en cada parada del recorrido. También tiene en cuenta el tiempo de aceleración y desaceleración del vehículo junto con la velocidad máxima que puede alcanzar, en este orden de ideas esta velocidad sería la esperada para que la ruta presente un óptimo desempeño, si la velocidad comercial fuese igual a la velocidad operacional el desempeño sería del 100% pero es difícil de obtener por las externalidades ya mencionadas y otras que indirectamente también afectan la operación del vehículo; las velocidades comerciales que se presentan son pequeñas debido a que se presenta congestión, mal estado de la vía, y falta de cultura vial, lo que afecta el buen desplazamiento del vehículo y el desempeño de este.

4.3 Cálculo y análisis del Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK)

El Índice de Pasajeros por Kilómetro (Ministerio de Transporte de Colombia, n.d.), es un indicador que permite evaluar la relación entre los pasajeros que recoge una ruta y los kilómetros que esta recorre. Teniendo esto presente, se calcula el IPK a cada ruta basados en las situaciones mencionadas anteriormente: hora pico, hora valle, y promedio de todos los aforos. Así:

Tabla 6. *Tabla resumen IPK de cada ruta y en cada uno de los tres escenarios*

Ruta	IPK [pasajeros/kilómetro]	
APD1	Valle	1,52
	Promedio	7,27
	Pico	17,27
APD2	Valle	1,78
	Promedio	4,38
	Pico	8,49
APD4	Valle	1,67
	Promedio	6,67
	Pico	12,96
APD6	Valle	0,88
	Promedio	3,10
	Pico	6,28
APD7	Valle	1,10
	Promedio	4,10
	Pico	6,30
APD8	Valle	0,00
	Promedio	0,68
	Pico	2,05

En la siguiente tabla se les da un valor cualitativo a unos rangos de IPK para tener una mejor concepción de este, basados en la tabla 6 y la tabla 7.

Tabla 7. *Tabla evaluación cualitativa en función del IPK.*

EFICIENCIA DE LA RUTA SEGÚN EL IPK		
RANGO		CALIFICACION
0	1	Pésimo
1	2	Malo
2	3	Regular
3	4	Aceptable
4	5	Bueno
5	6	Óptimo
6	7	Consolidado

Nota: Evaluación de la ruta según el IPK. Adaptado de (Arévalo Durán, 2017)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de manera cualitativa según los rangos indicados en la tabla 7.

Tabla 8. Eficiencia en función del índice de pasajeros por kilómetro en cada uno de los tres escenarios.

Ruta		IPK [pasajeros/kilómetro]	Eficiencia
APD1	Valle	1,52	Malo
	Promedio	7,27	Consolidado
	Pico	17,27	Consolidado
APD2	Valle	1,78	Malo
	Promedio	4,38	Bueno
	Pico	8,49	Consolidado
APD4	Valle	1,67	Malo
	Promedio	6,67	Consolidado
	Pico	12,96	Consolidado
APD6	Valle	0,88	Pésimo
	Promedio	3,10	Aceptable
	Pico	6,28	Consolidado
APD7	Valle	1,10	Malo
	Promedio	4,10	Bueno
	Pico	6,30	Consolidado
APD8	Valle	0,00	Pésimo
	Promedio	0,68	Pésimo
	Pico	2,05	Regular

De estos datos se observa que las rutas APD1, APD2, APD4, y APD7 son consolidadas en hora pico, y en promedio general son buenas, dejando como única preocupación las horas valle. La ruta APD6 en promedio es aceptable y pésima en horas valle, lo que puede generar un desbalance económicamente hablando, tal como lo es la ruta APD8 que en promedio es pésima, es decir, se tiene un alimentador dando vueltas solo generando gastos.

Si se comparan estos valores con la “eficiencia operativa”, uno de los principales indicadores del transporte público en el AMB (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2004), el cual aparece en 1,3 pasajeros/km, las rutas APD1, APD2, y APD4 estarían por encima de esta, a diferencia de las otras tres rutas que no llegarían a esta cifra de eficiencia operativa. Esto si lo comparamos con las horas valle de cada ruta, pues si lo hacemos con el IPK promedio se tendría que la ruta APD8 sea la única que no llega a la eficiencia operativa.

El siguiente análisis nos permite conceptualizar el IPK con respecto al costo operacional, teniendo como referencia que el costo operacional de un alimentador por kilómetro es de aproximadamente \$3.597,18, según (Arévalo Durán, 2017).

Tabla 9. *Análisis económico operacional para diferentes IPK conociendo el costo operacional por kilómetro.*

Valor del pasaje		\$2.100,00	
Costo operacional por km		\$3.597,18	
IPK	Ingreso	Egreso	Utilidad
0,5	\$2.100,00	\$7.194,36	-\$5.094,36
1	\$2.100,00	\$3.597,18	-\$1.497,18
1,5	\$2.100,00	\$2.398,12	-\$298,12
2	\$2.100,00	\$1.798,59	\$301,41
2,5	\$2.100,00	\$1.438,87	\$661,13
3	\$2.100,00	\$1.199,06	\$900,94
3,5	\$2.100,00	\$1.027,77	\$1.072,23
4	\$2.100,00	\$899,30	\$1.200,71
4,5	\$2.100,00	\$799,37	\$1.300,63
5	\$2.100,00	\$719,44	\$1.380,56
5,5	\$2.100,00	\$654,03	\$1.445,97
6	\$2.100,00	\$599,53	\$1.500,47
6,5	\$2.100,00	\$553,41	\$1.546,59
7	\$2.100,00	\$513,88	\$1.586,12
7,5	\$2.100,00	\$479,62	\$1.620,38
8	\$2.100,00	\$449,65	\$1.650,35

Nota: Adaptado de (Arévalo Durán, 2017)

En esta tabla se simplifican los cálculos dejando como entrada solamente un pasajero, con el fin de identificar el punto en donde el IPK represente ganancia para el recorrido.

Con esta metodología se encuentra que el IPK mínimo que no genera pérdidas sería de 2. Esto quiere decir que todas las rutas alimentadoras de Piedecuesta están generando pérdidas en las horas valle. Si miramos el IPK promedio de las rutas, ninguna estaría generando pérdidas, teóricamente, a excepción de la ruta APD8 que tiene un IPK promedio de 0,68.

4.4 La flota

Para satisfacer la demanda de pasajeros cada ruta debe contar con cierta cantidad de vehículos a disposición para que realicen los recorridos en los horarios establecidos, además de esto debe contar con una flota de reserva en caso de que surja algún imprevisto con alguno de los buses. Para este cálculo debemos tener presente dos cosas: cuánto se demora un bus en hacer el recorrido (ciclo), y qué tan seguidos se deben enviar los buses para que puedan satisfacer la demanda de usuarios (intervalo). Estos cálculos se sintetizan en la siguiente tabla

Tabla 10. *Flota operacional necesaria en cada ruta y en cada uno de los tres escenarios analizados*

Ruta	Flota operacional
APD1	1
Valle	

	Promedio	1
	Pico	2
	Valle	1
APD2	Promedio	1
	Pico	2
	Valle	1
APD4	Promedio	1
	Pico	2
	Valle	1
APD6	Promedio	1
	Pico	2
	Valle	1
APD7	Promedio	1
	Pico	2
	Valle	0
APD8	Promedio	1
	Pico	1

La flota de reserva se calcula con el diez por ciento de la flota operacional, por lo que al calcularla ya se puede conocer la flota total necesaria, así

Tabla 11. *Flota operacional, reserva y total dado en número de buses necesarios.*

Ruta		Flota operacional	Flota de reserva	Flota total
	Valle	1	1	2
APD1	Promedio	1	1	2
	Pico	2	1	3
	Valle	1	1	2
APD2	Promedio	1	1	2
	Pico	2	1	3
	Valle	1	1	2
APD4	Promedio	1	1	2
	Pico	2	1	3
APD6	Valle	1	1	2

	Promedio	1	1	2
	Pico	2	1	3
	Valle	1	1	2
APD7	Promedio	1	1	2
	Pico	2	1	3
	Valle	0	0	0
APD8	Promedio	1	1	2
	Pico	1	1	2

En los Apéndices C y D se pueden apreciar unas tablas resumen de los atributos calculados a las rutas en estudio.

Es importante resaltar que la baja demanda de pasajeros genera que la flota disminuya, pero esto quiere decir que los intervalos van a hacer grandes también; si tomamos como ejemplo la ruta APD7 que en promedio gasta 42 minutos para hacer su recorrido, tiene como flota operacional 1 bus, es decir, el alimentador llega a la estación Temprana, espera que bajen y suban los nuevos usuarios, y comienza el viaje nuevamente. Desde el punto de vista de los pasajeros, si no alcanza a subirse al bus antes de que arranque, tendrá que esperar cerca de 42 minutos para poder tomarlo; lo que es inaceptable para un cliente, por lo que se debe tener en cuenta los tiempos que las personas estarían dispuestas a esperar por su transporte. En los Apéndices C y D se podrán apreciar los intervalos obtenidos para cada una de las rutas.

4.5 Análisis preliminar económico

El objetivo de realizar un análisis económico preliminar es de analizar si la ruta diagnosticada es autosuficiente económicamente hablando, esto quiere decir que el sistema no esté trabajando a pérdidas. A continuación, se presentan los cálculos de cuánto queda de ganancia al sistema teniendo en cuenta que a las rutas alimentadoras se les paga por kilómetro recorrido a diferencia de padrones y troncales, el valor por kilómetro que se le paga a una ruta alimentadora es de \$3.597,18 por kilómetro.

Tabla 12. *Resumen análisis económico Ruta APD1 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados.*

APD1	PICO	VALLE	UNIDADES
Costo operacional	\$3.597,18	\$3.597,18	Pesos/Km
Km recorridos	3,3	3,3	Km
Valor pagado ruta	\$11.870,69	\$11.870,69	Pesos
Demanda pasajeros	57	5	Pasajeros
Costo pasaje	\$2.100,00	\$2.100,00	Pesos
Ingreso sistema	\$119.700,00	\$10.500,00	Pesos
Ganancias o pérdidas	\$75.213,34	-\$4.231,74	Pesos
SUMATORIA DE TODOS LOS RECORRIDOS			
PÉRDIDAS	GANANCIAS	GANANCIAS SISTEMA	
-\$4.231,74	\$1.057.897,24	\$1.053.665,49	Pesos

La información del análisis económico para la ruta APD1 en el recorrido con mayor demanda de pasajero y de menor demanda de pasajeros deja en evidencia que en el recorrido valle o de menor demanda arroja un valor negativo que representa pérdidas para el sistema en ese despacho debido a la poca demanda de pasajeros no hubo suficientes ingresos para cubrir todos los gastos operacionales del recorrido en este caso serían \$1.1870,69 que se le paga a la empresa transportadora responsable de esa flota, también se muestra los ingresos que deja la ruta a lo largo

de todos los despachos que se aforaron en campo que en este caso sería de \$1.053.665,49 como ganancias del sistema uno de los más elevados comparados con las otras rutas alimentadoras.

Tabla 13. *Resumen análisis económico Ruta APD2 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados*

APD2	PICO	VALLE	UNIDADES
Costo operacional	\$3.597,18	\$3.597,18	Pesos/Km
Km recorridos	7,3	7,3	Km
Valor pagado ruta	\$26.259,41	\$26.259,41	Pesos
Demanda pasajeros	62	13	Pasajeros
Costo pasaje	\$2.100,00	\$2.100,00	Pesos
Ingreso sistema	\$130.200,00	\$27.300,00	Pesos
Ganancias o pérdidas	\$68.463,57	-\$6.398,14	Pesos
SUMATORIA DE TODOS LOS RECORRIDOS			
PÉRDIDAS	GANANCIAS	GANANCIAS SISTEMA	
-\$6.398,14	\$486.208,70	\$479.810,56	Pesos

Para el caso de la ruta alimentadora APD2 se observa la información de análisis económico para el recorrido de mayor y menor demanda, que al realizar el análisis a lo largo de todos los despachos se aprecia que esta ruta deja una ganancia al sistema de \$479.810,56 lo que hace pensar que es una ruta relativamente buena y autosostenible económicamente.

Tabla 14. *Resumen análisis económico Ruta APD4 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados*

APD4	PICO	VALLE	UNIDADES
Costo operacional	\$3.597,18	\$3.597,18	Pesos/Km
Km recorridos	5,4	5,4	Km
Valor pagado ruta	\$19.424,77	\$19.424,77	Pesos
Demanda pasajeros	70	9	Pasajeros

Costo pasaje	\$2.100,00	\$2.100,00	Pesos
Ingreso sistema	\$147.000,00	\$18.900,00	Pesos
Ganancias o pérdidas	\$87.520,53	-\$5.674,66	Pesos
SUMATORIA DE TODOS LOS RECORRIDOS			
PÉRDIDAS	GANANCIAS	GANANCIAS SISTEMA	
-\$5.674,66	\$948.975,51	\$943.300,85	Pesos

En esta ruta se presenta buena demanda de pasajeros lo que hace que el sistema tenga mayores ingresos que permiten cubrir los gastos operacionales y administrativos para luego dejar una buena ganancia, por lo que se puede decir a lo largo de todos los despachos aforados solo hubo una pérdida de \$5.674,66 que es insignificante frente a las ganancias obtenidas en los otros despachos donde se presenta gran afluencia de pasajeros, en este caso específico se presentaron unas ganancias de \$943.300 lo que la hace sostenible económicamente.

Tabla 15. Resumen análisis económico Ruta APD6 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados

APD6	PICO	VALLE	UNIDADES
Costo operacional	\$3.597,18	\$3.597,18	Pesos/Km
Km recorridos	11,3	11,3	Km
Valor pagado ruta	\$40.648,13	\$40.648,13	Pesos
Demanda pasajeros	71	10	Pasajeros
Costo pasaje	\$2.100,00	\$2.100,00	Pesos
Ingreso sistema	\$149.100,00	\$21.000,00	Pesos
Ganancias o pérdidas	\$67.824,96	-\$25.370,23	Pesos
SUMATORIA DE TODOS LOS RECORRIDOS			
PÉRDIDAS	GANANCIAS	GANANCIAS SISTEMA	
-\$55.647,24	\$222.365,94	\$166.718,71	Pesos

En la ruta APD6 podemos analizar que a pesar de que esta ruta es bastante extensa se esperaría recoger suficientes pasajeros para que ingrese al sistema buenas ganancias, pero al realizar los

cálculos podemos verificar que, aun así, esta ruta solo deja ganancias en todos los despachos analizados por \$166.718,71 lo que es muy poca ganancia en comparación con otras rutas que son más cortas pero que igual sigue siendo económicamente sostenible.

Tabla 16. *Resumen análisis económico Ruta APD7 en los escenarios pico y valle y analizando todos los ingresos en la totalidad de los despachos aforados*

APD7	PICO	VALLE	UNIDADES
Costo operacional	\$3.597,18	\$3.597,18	Pesos/Km
Km recorridos	9,999	9,999	Km
Valor pagado ruta	\$35.968,20	\$35.968,20	Pesos
Demanda pasajeros	63	11	Pasajeros
Costo pasaje	\$2.100,00	\$2.100,00	Pesos
Ingreso sistema	\$132.300,00	\$23.100,00	Pesos
Ganancias o pérdidas	\$60.282,57	-\$19.162,51	Pesos
SUMATORIA DE TODOS LOS RECORRIDOS			
PÉRDIDAS	GANANCIAS	GANANCIAS SISTEMA	
-\$27.630,50	\$418.531,56	\$390.901,07	Pesos

Para la ruta APD7 analizando los resultados podemos ver que es sostenible económicamente y que presenta unas ganancias en todos los despachos analizados por \$390.901,07 teniendo en cuenta que es una ruta buena a lo largo de todo el recorrido basándonos en el índice de pasajeros por kilómetro.

APD8	PICO	VALLE	UNIDADES
Costo operacional	\$3.597,18	\$3.597,18	Pesos/Km
Km recorridos	2,929	2,929	Km
Valor pagado ruta	\$10.536,14	\$10.536,14	Pesos
Demanda pasajeros	6	0	Pasajeros
Costo pasaje	\$2.100,00	\$2.100,00	Pesos
Ingreso sistema	\$12.600,00	\$0,00	Pesos
Ganancias o pérdidas	-\$1.369,40	-\$10.536,14	Pesos

SUMATORIA DE TODOS LOS RECORRIDOS			
PÉRDIDAS	GANANCIAS	GANANCIAS SISTEMA	
-\$187.330,79	\$0,00	-\$187.330,79	Pesos

La ruta alimentadora APD8 es un caso especial que encontramos a la hora de analizarla debido a que presenta en todos los despachos analizado pérdidas debido a la falta de demanda de pasajeros a pesar de que es una ruta relativamente corta, esta ruta no cubre en ninguno de los despachos los recursos necesarios operacionales que se deben pagar a la sociedad transportadora, encargada de los vehículos que realizan estos recorridos, lo cual es muy preocupante para el sistema ya que representa una carga negativa para el mismo, económicamente hablando.

Finalizando se muestra los porcentajes de distribución de la tarifa suministrada por Metrolínea, con la que se realizaron los análisis anteriores:

Tabla 17. *Distribución actual de la tarifa del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea.*

PARTICIPANTE	PORCENTAJE
TISA	13.5 %
METROLINEA S.A.	6.85%
FUNCIONAMIENTO SITM (Adecuación, Mantenimiento de la operación y convenio de la policía Nacional)	4.79%
CONTINGENCIAS JUDICIALES	1.87%
AMB	\$5 / VALIDACION

Nota: Porcentajes suministrados por Metrolínea. (Ver Apéndice E)(Salazar García, 2017)

“Con el porcentaje restante se paga a los concesionarios de flota (Metrocinco y Movilizamos)¹, a quienes no se les paga por porcentaje sino por km recorrido dependiendo de la tipología de vehículo.” (Salazar García, 2017)

A continuación, se muestra la distribución de tarifa que corresponde por cada ruta analizada:

Tabla 18. *Distribución actual de la tarifa del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea, para las rutas ADP1, APD2 y APD4.*

RUTA	APD1	APD2	APD4
TISA	\$288.036,00	\$191.362,50	\$268.758,00
METROLINEA S.A.	\$146.151,60	\$97.098,75	\$136.369,80
FUNCIONAMIENTO			
SITM	\$102.199,44	\$67.898,25	\$95.359,32
CONTINGENCIAS			
JUDICIALES	\$39.898,32	\$26.507,25	\$37.227,96
AMB	\$5.080	\$3.375	\$4.740

Tabla 19 *Distribución actual de la tarifa del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea, para las rutas ADP6, APD7 y APD8.*

RUTA	APD6	APD7	APD8
TISA	\$128.992,50	\$172.651,50	\$10.206,00
METROLINEA S.A.	\$65.451,75	\$87.604,65	\$5.178,60
FUNCIONAMIENTO			
SITM	\$45.768,45	\$61.259,31	\$3.621,24
CONTINGENCIAS			
JUDICIALES	\$17.867,85	\$23.915,43	\$1.413,72
AMB	\$2.275	\$3.045	\$180

¹ Operadores oficiales del sistema integrado de transporte masivo Metrolínea para el área metropolitana de Bucaramanga.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- En base al Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK) fue posible conocer la eficiencia de las rutas y concluir que la mejor ruta alimentadora del municipio de Piedecuesta es la APD1, teniendo en cuenta su desempeño en el recorrido, y las ganancias que deja al sistema, esto gracias al diseño estratégico de las paradas en todo el tramo que permite tener gran demanda de pasajeros.
- La ruta APD8, basados en los datos obtenidos en campo y el análisis de los mismos, es una ruta que genera pérdidas económicas considerables debido principalmente a la baja demanda de pasajeros o al mal diseño del trazado de la ruta.
- En promedio la alimentación del sistema de transporte masivo de Piedecuesta exceptuando la ruta APD8, son buenas basados en el IPK.
- La flota obtenida para las rutas APD6, y APD7 es suficiente para satisfacer la demanda que presentan, pero no lo es para obtener un intervalo cómodo para los usuarios, debido a que sus recorridos son bastante extensos. A diferencia de las rutas APD1, APD2, y APD4 que en promedio no superan los veinte minutos.
- Además de la ruta APD8, las rutas APD6 y APD7 son las rutas con menor ganancia, lo cual está relacionado directamente con las longitudes y ciclos tan extensos que manejan.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda tener en cuenta los intervalos de las rutas a la hora de seleccionar la flota para las mismas, de manera que los usuarios se sientan cómodos con el sistema y no recurran a utilizar otro medio de transporte.
- La ruta APD8 podría ser eliminada dentro del itinerario que tiene Metrolínea, pues a pesar de que actualmente opera solo en horas pico, hace varios recorridos sin recoger ni siquiera un pasajero, y el diagnóstico arrojó que opera con una eficiencia en promedio pésima, es decir, que esta ruta es una fuente de pérdidas muy importante.
- Con el fin de recuperar gran parte de la demanda de pasajeros que se pierden en este sector de Piedecuesta al eliminar la ruta APD8, se recomienda hacer un complemento del transporte colectivo convencional y el sistema de transporte masivo para ganar este terreno al transporte informal y aprovechando que por este sector circulan rutas de colectivo convencional.

Referencias bibliográficas

Área Metropolitana de Bucaramanga. (2016). *Análisis económico -estudio y cálculo de tarifas - 2016*.

Arévalo Durán, L. D. (2017). Documento del planteamiento de la propuesta de mejoramiento del SITM Y STPC. Cotrausan.

Conpes. (2008). SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO PARA BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA – SEGUIMIENTO Y MODIFICACIÓN –.

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2004). SISTEMA INTEGRADO DEL SERVICIO PÚBLICO URBANO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.

DANE. (2017). ENCUESTA DE TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS -ETUP. *Boletín*

Técnico. Comunicación Informativa (DANE). Retrieved from http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/transporte/bol_transp_Itrim17.pdf

Metrolínea. (n.d.). Rutas del sistema | Metrolínea. Retrieved June 19, 2017, from <http://www.metrolinea.gov.co/v3.0/rutas-del-sistema>

Ministerio de Transporte de Colombia. (n.d.). Manual de cálculo de los Indicadores de Monitoreo y Evaluación de Proyectos de Transporte Urbano en Colombia. Retrieved from http://portal.mintransporte.gov.co:8080/transporte_urbano/Manual de Indicadores.pdf

Pontificia Universidad Javeriana., C. A., & Burbano Valente, J. (2005). *Universitas psychologica. Universitas Psychologica* (Vol. 4). Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-92672005000300007

Reyes Spíndola, R. C. y M., & Cárdenas Grisales, J. (1995). *INGENIERIA DE TRANSITO, FUNDAMENTOS Y APLICACIONES.*

Salazar García, P. J. (2017). Distribución actual de la tarifa del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea.