

**DIAGNÓSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO
MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS T1 Y T3**

**JESÚS RODOLFO RODRÍGUEZ LUQUE
SARA MYLADY CHAPETA GAMBOA**

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

2017

**DIAGNÓSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO
MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS T1 Y T3**

**JESÚS RODOLFO RODRÍGUEZ LUQUE
SARA MYLADY CHAPETA GAMBOA**

Proyecto de grado para optar el título de ingeniero civil

Director

LUIS DAVID ARÉVALO DURÁN

Ingeniero Civil

Especialista en Ingeniería de Transito

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

2017

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias que siempre nos han apoyado en nuestros proyectos de vida, por confiar en nosotros y enseñarnos a ser ciudadanos de bien.

A nuestro Director de Proyecto el Ingeniero Luis David Arévalo por su guía y colaboración durante todo el proceso y creer siempre en nuestras capacidades.

A todos nuestros profesores de pregrado por darnos la base de nuestra vida profesional.

A nuestros compañeros que durante toda la carrera estuvieron para ayudar en los buenos momentos y en los más difíciles.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. METODOLOGÍA	14
1.1 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS	14
1.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	18
1.2.1 Atributos de las rutas	19
1.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	30
1.3.1 Perfil de carga	30
1.3.2 Eficiencia	36
1.3.3 Análisis del IPK	40
1.3.4 Análisis preliminar económico	42
2. CONCLUSIONES	48
3. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Identificación de la ruta T1	16
Tabla 2. Identificación de la ruta T3	17
Tabla 3. Horario de los aforos	18
Tabla 4. Horario pico de las rutas T1 y T3	19
Tabla 5. Demanda de pasajeros aforados en las rutas T1 y T3	20
Tabla 6. Ciclo (min) de las rutas T1 y T3	21
Tabla 7. Calificación de IPK	22
Tabla 8. IPK de las rutas T1 y T3	22
Tabla 9. Tramos de análisis de velocidades de las rutas T1 y T3	23
Tabla 10. Velocidad comercial (km/h) de las rutas T1 y T3	24
Tabla 11. Velocidad máxima (km/h) según la zona urbana y el tamaño de la ciudad	25
Tabla 12. Variables temporales para la ecuación de Velocidad operacional	26
Tabla 13. Velocidad operacional (km/h) de las rutas T1 y T3	27
Tabla 14. Carga de pasajeros (Pasajeros/min) de las rutas T1 y T3	28
Tabla 15. Intervalo (min) de las rutas T1 y T3	29
Tabla 16. Flota de rutas T1 y T3	30
Tabla 17. Desempeño de las rutas T1 y T3	39
Tabla 18. Longitudes de viaje (km/h)	43
Tabla 19. Desglose de la tarifa del SITM Metrolínea	44
Tabla 20. Ganancias de la ruta T1	46
Tabla 21. Ganancias de la ruta T3	47

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Perfil de carga – Pico ruta T1	31
Gráfica 2. Perfil de carga – Valle ruta T1	32
Gráfica 3. Perfil de carga – Promedio ruta T1	33
Gráfica 4. Perfil de carga – Pico ruta T3	34
Gráfica 5. Perfil de carga – Valle ruta T3	35
Gráfica 6. Perfil de carga – Promedio ruta T3	36
Gráfica 7. Gráfico No 1. Indicadores operativos para módulos de ejecución por municipio	41
Gráfica 8. Análisis económico - ruta T1	45
Gráfica 9. Análisis económico - ruta T3	46

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de recolección de datos en campo	54
Anexo B. Datos recolectados por ruta	55
Anexo C. Resumen de los datos recolectados por ruta	79
Anexo D. Segundo aforo	81
Anexo E. Detalle del análisis preliminar económico	86

RESUMEN

TÍTULO: DIAGNÓSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS T1 Y T3*

AUTORES: JESÚS RODOLFO RODRÍGUEZ LUQUE
SARA MYLADY CHAPETA GAMBOA **

PALABRAS CLAVE: Diagnóstico operacional, transporte masivo, Metrolínea, ascenso y descenso, articulado, IPK, perfil de carga.

DESCRIPCIÓN

Se presenta el diagnóstico operacional de las rutas T1 y T3 del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) Metrolínea mediante la metodología de ascenso y descenso de pasajeros. Como parte de la revisión, se calculan los atributos de las rutas y se realiza un análisis comparativo frente a lo que tiene planteado Metrolínea. De esta forma, se determina la eficiencia y el desempeño en función del índice de pasajeros por kilómetro (IPK) y las velocidades comercial y operacional. Adicionalmente a esto, se hace una revisión de los Documentos Conpes donde se plantean los indicadores del SITM para el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) y se comparan con los resultados obtenidos en este estudio. Finalmente se hace un análisis económico preliminar de los costos de operación de las rutas T1 y T3 y de los ingresos tarifarios que se destinan a cubrirlos.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Durán, Ingeniero Civil

ABSTRACT

TITLE: DIAGNÓSTICO GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO MEDIANTE LA REVISIÓN OPERACIONAL DE LAS RUTAS T1 Y T3*

AUTHORS: JESÚS RODOLFO RODRÍGUEZ LUQUE
SARA MYLADY CHAPETA GAMBOA **

KEYWORDS: Operational Diagnosis, massive transport, Metrolínea, loading and unloading, articulated, IPK, load profile.

DESCRIPTION

This article shows the operational diagnosis of the T1 and T3 routes of the Integrated Mass Transit System (SITM) Metrolínea through the methodology of loading and unloading transportation passengers. As a part of the diagnosis, the attributes of the routes are calculated and compared with the schedule established by Metrolínea. Thus, this paper determinate the efficiency and performance appraisal based on the passenger per kilometers rate (IPK) and commercial and operational speeds. Furthermore, a review of the Documentos Conpes, where the SITM indicators for the Metropolitan Area of Bucaramanga (AMB) are shown and compared with the results that have been obtained in this study. Finally, a preliminary economic analysis is made about the operation charges of the T1 and T3 routes and the fare revenue that is meant to cover them.

* Bachelor Thesis

** Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Durán, Ingeniero Civil

INTRODUCCIÓN

La finalidad de implementar un sistema de transporte masivo para una gran ciudad es impulsar el crecimiento y desarrollo económico, demográfico y social, mejorando la movilidad de sus habitantes de forma rápida, efectiva, segura y económica. El área metropolitana de Bucaramanga cuenta con el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) Metrolínea, que comenzó su operación comercial desde el año 2010.

Durante sus siete años en servicio el sistema presenta un déficit importante de pasajeros, según los reportes del Ente Gestor [1], lo que obliga a tomar medidas correctivas para mejorar el servicio y poder ofrecer una mejor experiencia para los usuarios. Debido a esto, surge la necesidad de identificar las fallas del sistema. En el presente proyecto de grado se quiere diagnosticar la operación de las rutas T1 y T3, como parte de un diagnóstico general de sistema de transporte masivo.

La metodología a usar para el diagnóstico de las rutas T1 y T3 es la de ascenso y descenso de pasajeros, la cual permite calcular de forma cuantitativa los atributos de cada una de las rutas a analizar, para posteriormente comparar los resultados obtenidos con el estado actual del servicio prestado por parte de Metrolínea.

1. METODOLOGÍA

El diagnóstico operacional de las rutas T1 y T3 del Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea que funciona en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) se realizó en tres fases:

- Recolección de datos.
- Procesamiento de los datos.
- Análisis de los resultados.

Dentro del procesamiento de los datos se deben identificar y calcular los atributos de las rutas tales como: longitud, demanda, ciclo, índice de pasajeros por kilómetro (IPK), velocidades comercial y operacional, carga de pasajeros, intervalo de paso y flota.

El análisis de estos se ve reflejado en los perfiles de carga, la estimación de la eficiencia respecto de los atributos obtenidos con la operación real de las rutas, la comparación del IPK obtenido con lo estimado en los documentos Conpes y finalmente realizar un análisis económico preliminar de la operación de las rutas.

1.1 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

La recolección de la información de operación de las rutas T1 y T3 se hizo mediante el método de ascenso y descenso de pasajeros. Con un previo conocimiento de los tipos de vehículos, capacidad, recorridos, paradas, horarios y frecuencias establecidas por el Ente Gestor del SITM Metrolínea (ver Tabla 1 y Tabla 2). Para esto, se realizaron aforos en día normal de semana. Según la información proporcionada por Metrolínea, los días martes y miércoles son los

días que presentan una mayor cantidad de pasajes validados entre cada semana; por lo tanto, se optó por realizar los aforos de ambas rutas el día miércoles.

Se contó con cuatro aforadores por ruta, quienes fueron ubicados estratégicamente en cada una de las puertas del vehículo y llevaban los registros de cuantas personas subían y bajaban por la puerta asignada en los formatos de conteo en campo (Ver Anexo A)

Tabla 1. Identificación de la ruta T1

Ruta	T1	
Tipología	Articulado	
Capacidad	160 pasajeros (49 sentados y 111 de pie)	
Nombre	Temprana – Quebrada seca	
Recorrido	Estación Temprana de Piedecuesta – Autopista Piedecuesta B/manga – Autopista F/blanca B/manga – KR 15 Centro – Glorieta Q/seca - KR 15 Centro - Autopista F/blanca B/manga - Autopista Piedecuesta B/manga - Estación Temprana de Piedecuesta	
Paradas	Estación Temprana Piedecuesta Estación Campo Alegre Estación Menzuly Estación Lagos Estación Cañaveral Estación Payador Estación Provenza vagón norte Estación La Isla Estación Chorreras vagón norte Estación San Mateo vagón norte Estación Quebrada seca	Estación La Isla Estación Provenza vagón norte Estación Payador Estación Cañaveral Estación Lagos Estación Menzuly Estación Campo Alegre Estación Temprana Piedecuesta
Horario	Lunes – Viernes 04:30 a.m. – 10:08 p.m. Sábados 04:30 a.m. – 09:12 p.m. Domingos y festivos No opera	
Frecuencia (min)	Hora pico Todos los días: 8 minutos Hora valle Lunes a viernes: 13 minutos Sábados: 15 minutos Domingos y Festivos – No opera	

Fuente: Tomado de la resolución 435 del AMB [2] y Metrolínea, 2016 y 2017 respectivamente

Tabla 2. Identificación de la ruta T3

Ruta	T3	
Tipología	Articulado	
Capacidad	160 pasajeros (49 sentados y 111 de pie)	
Nombre	Temprana – Quebrada seca	
Recorrido	Estación Temprana de Piedecuesta – Autopista Piedecuesta B/manga – Autopista F/blanca B/manga – KR 15 Centro – Glorieta Q/seca - KR 15 Centro - Autopista F/blanca B/manga - Autopista Piedecuesta B/manga - Estación Temprana de Piedecuesta	
Paradas	Estación Temprana Piedecuesta Estación Españolita Estación Palmichal Estación Estancia Estación Lagos Estación Cañaverál Estación Provenza vagón norte Estación Rosita vagón norte Estación Chorreras vagón norte Estación San Mateo vagón norte Estación Quebrada seca	Estación Rosita vagón norte Estación Provenza vagón norte Estación Cañaverál Estación Lagos Estación Estancia Estación Palmichal Estación Españolita Estación Temprana Piedecuesta
Horario	Lunes – Viernes 04:38 a.m. – 10:16 p.m. Sábados 04:38 a.m. – 09:20 p.m. Domingos y festivos 04:40 a.m. – 09:15 p.m.	
Frecuencia (min)	Hora pico Todos los días: 8 minutos Hora valle Lunes a viernes: 13 minutos Sábados: 15 minutos Domingos y Festivos: 10 minutos	

Fuente: Tomado de la resolución 435 del AMB [2] y Metrolínea, 2016 y 2017 respectivamente

Estas rutas se caracterizan por operar en los vehículos de mayor capacidad del SITM, buses articulados, cuyo recorrido atraviesa los municipios de Piedecuesta, Floridablanca y Bucaramanga usando el carril exclusivo entre Bucaramanga y Floridablanca y el carril preferencial entre Floridablanca y Piedecuesta, dispuesto para su circulación. Teniendo en cuenta la información mostrada anteriormente se aforaron las rutas en los siguientes horarios (ver Tabla 3).

Tabla 3. Horario de los aforos

Ruta	Hora de inicio	Hora de fin	Recorridos aforados
T1	05:50 a. m.	08:29 p. m.	12
T3	05.50 a. m.	07:42 p. m.	12

Fuente: Elaboración propia

El método de ascenso y descenso de pasajeros consiste en contar cuantos pasajeros suben y bajan del vehículo en cada parada y registrarlo en los formatos de campo (ver Anexo A). Para la recolección de datos, los aforadores estuvieron en el autobús durante todo el día desde los primeros recorridos, durante la hora pico de la mañana, hasta los últimos, después de la hora pico de la noche. Cuando el recorrido terminaba, los aforadores descendían con los pasajeros del vehículo y esperaban el siguiente despacho para llevar la mejor continuidad posible en la toma de datos.

1.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Con la información tomada en campo durante los aforos (ver Anexo B), se realiza la digitalización de los datos y los cálculos correspondientes a los atributos de las rutas T1 y T3 del SITM Metrolínea.

Por observación de los datos se estiman los recorridos con mayor y menor afluencia de pasajeros, lo cuales se denominarán pico y valle respectivamente para próximas referencias durante el texto. Se evidenció en las planillas de los despachadores de las dos empresas que operan en conjunto las rutas T1 y T3 las franjas horarias pico que se muestran a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Horario pico de las rutas T1 y T3

Hora
5:20 a. m. – 8:10 a. m.
10:30 a. m. – 2:00 p. m.
5:00 p. m. – 7:00 p. m.

Fuente: Metro5 Plus S.A. y Movilizamos S.A.

A continuación, se muestran en resumen los atributos de las rutas T1 y T3 de forma general, para una consulta de los resultados más detallado pueden ir al Anexo C donde se muestran las tablas de Excel donde se realizaron todos los cálculos.

1.2.1 Atributos de las rutas

1.2.1.1 Longitud. Para medir la longitud de la ruta se tomó la lectura del odómetro de algunos de los vehículos justo antes de empezar y al finalizar el recorrido de las dos rutas en estudio. Se considera que las dos rutas tienen el mismo recorrido y solo difieren en algunas paradas. Según los registros en las planillas de despacho y los valores registrados la longitud del recorrido es en promedio de 35 km.

1.2.1.2 Demanda de pasajeros aforos. A continuación, en la Tabla 5 se presenta la demanda de pasajeros en los recorridos pico, valle y promedio del día aforado.

Tabla 5. Demanda de pasajeros aforados en las rutas T1 y T3

Ruta	Hora	Pasajeros	Recorrido
T1	Pico	414	10
	Valle	149	12
	Promedio	231	-
T3	Pico	336	2
	Valle	89	7
	Promedio	235	-

Fuente: Elaboración propia

En la ruta T1 el recorrido pico es el décimo aforado que tuvo despacho a las 4:57 p. m. y el recorrido valle corresponde al doceavo que fue despachado a las 7:31 p. m.

En la ruta T3 el recorrido pico es el segundo aforado que tuvo despacho a las 6:54 a. m. y el recorrido valle corresponde al séptimo que fue despachado a las 12:50p. m.

En total de pasajeros contabilizados en los aforos fueron:

- Ruta T1: 2738 pasajeros
- Ruta T3: 2925 pasajeros

1.2.1.3 Ciclo. Las rutas T1 y T3 presentan ciclos muy similares de alrededor de una hora, durante todo el día se observó que la duración de estos no varía significativamente. A continuación, se relacionan en Tabla 6 los ciclos de cada ruta en horas pico, valle y el promedio de todos los recorridos aforados.

Tabla 6. Ciclo (min) de las rutas T1 y T3

Ruta	Hora	Ciclo
T1	Pico	61
	Valle	58
	Promedio	59,08
T3	Pico	61
	Valle	53
	Promedio	58,5

Fuente: Elaboración propia

1.2.1.4 Índice de pasajeros por kilómetro (IPK). El índice de pasajeros por kilómetro se calcula teniendo en cuenta el número de pasajeros que abordaron el vehículo durante cada uno de sus recorridos. Se calculan los IPK de los recorridos escogidos en hora pico, valle y el promedio (ver Tabla 8). También se asigna una calificación cualitativa siguiendo los rangos que se muestran en la Tabla 7.

$$IPK = \frac{\text{Demanda acumulada de pasajeros}}{\text{km recorridos}}$$

Tabla 7. Calificación de IPK

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

Fuente: Estudio presentado a la alcaldía de Bucaramanga “Planteamiento de la propuesta de mejoramiento del SITM y STPC. Cotrausan” [3]

Tabla 8. IPK de las rutas T1 y T3

Ruta	Hora	IPK	Calificación
T1	Pico	12	Consolidado
	Valle	4	Aceptable
	Promedio	6	Optimo
T3	Pico	10	Consolidado
	Valle	3	Regular
	Promedio	7	Consolidado

Fuente: Elaboración propia

1.2.1.5 Velocidades. Las velocidades comercial y operacional se calculan por tramos seleccionados con el criterio de presencia de semáforos, ya que estas rutas durante la mayor parte del recorrido transitan por el carril exclusivo y preferencial, por tal motivo sufre poco congestionamiento. El tramo con presencia de semáforos está ubicado en el centro de Bucaramanga entre las estaciones La Isla y Quebrada seca.

El carril exclusivo está demarcado desde el centro de Bucaramanga hasta la estación de Lagos en Floridablanca, a partir de allí y hasta la Estación La Españolita en Piedecuesta existe carril exclusivo y preferencial intermitente, ya que en algunas partes está marcado sobre la calzada, pero no tiene elementos de barrera que lo hagan exclusivo y en otros tramos está dentro de los separadores y retornos en la vía Floridablanca – Piedecuesta. En las cercanías de la estación Temprana no existen carriles preferenciales, los vehículos articulados van en la calzada, compartiendo esta con los demás vehículos, sin embargo, no es representativo.

Los tramos donde se van a calcular y analizar las velocidades en cada ruta se muestran en la Tabla 9. Dichos tramos coinciden con la zona comercial (Centro de Bucaramanga) y zona abierta (Vía Bucaramanga – Floridablanca – Piedecuesta). Las distancias entre estaciones se miden en Google Maps.

Tabla 9. Tramos de análisis de velocidades de las rutas T1 y T3

Ruta	Tramos
T1	Temprana – Provenza
	La Isla – La Isla
	Provenza – Temprana
T3	Temprana – Provenza
	La Rosita – La Rosita
	Provenza – Temprana

Fuente: Elaboración propia

1.2.1.5.1 Velocidad Comercial. La velocidad comercial se mide a través de la distancia y tiempo medido entre las estaciones durante los aforos (ver Tabla 10), usando la siguiente ecuación.

$$V_c = \frac{x_i}{t_i}$$

Dónde:

x_i = Longitud del tramo i

t_i = Tiempo de recorrido del tramo i

Tabla 10. Velocidad comercial (km/h) de las rutas T1 y T3

Ruta	Tramo \ Velocidad c.	Hora		
		Pico	Valle	Promedio
T1	Temprana-Provenza	39	41	40
	La Isla-La Isla	23	24	24
	Provenza-Temprana	40	43	42
T3	Temprana-Provenza	36	53	44
	La Rosita-La Rosita	19	26	23
	Provenza-Temprana	47	39	40

Fuente: Elaboración propia

La velocidad comercial hallada para los tramos con semáforos (zona comercial) en promedio es de 23 km/h, mientras que en los tramos sin semáforos (zona abierta) es de 42 km/h, aproximadamente 80 % más de la velocidad en los tramos más lentos. Durante las horas valle las velocidades comerciales son mayores que en

las horas pico, pues hay menos flujo de pasajeros y menos congestionamiento para la recepción de los mismos.

Las velocidades máximas recomendadas por Cal y Mayor en “Ingeniería del tránsito” [4] para ciudades de más de 100.000 habitantes durante el día en zonas comercial y abierta son: entre 24 y 48 [km/h] para zona comercial y entre 56 y 96 [km/h] en zona abierta, como muestran en la Tabla 11. Las velocidades máximas comerciales encontradas para las rutas trocales son de 26 [km/h] para las zonas comerciales y de 53 [km/h] para las zonas abiertas, ambas están dentro de los rangos recomendados y pertenecientes a la ruta T3.

Tabla 11. Velocidad máxima (km/h) según la zona urbana y el tamaño de la ciudad

Población	Zona comercial	Zona abierta
	Día	Día
100.000 o más	24 - 48	56 - 96

Tomado de: Ingeniería de Tránsito. Cal y Mayor [4]

1.2.1.5.2 Velocidad operacional. Para el cálculo de la velocidad operacional de las rutas se usa la siguiente ecuación.

$$V_o = \frac{x}{\frac{x}{V_{m\acute{a}x}} + P * (t_a + t_d) + \sum t_{ap}}$$

Dónde:

x = Longitud del tramo

$V_{m\acute{a}x}$ = Velocidad máxima entre paradas del tramo

$P =$ Número de paradas

$t_a =$ Tiempo de aceleración

$t_d =$ Tiempo de desaceleración

$t_{ap} =$ Tiempo de atención en las paradas

Las variables t_a , t_d y t_{ap} se aforaron en una segunda oportunidad para establecer unos valores estimados (Ver Tabla 12). Los cálculos se encuentran en el Anexo D.

Tabla 12. Variables temporales para la ecuación de Velocidad operacional

t_a	12,6 [seg]
t_d	9,47 [seg]
t_{ap}	$0,2457 * P_a^1 + 14,147$ [seg]

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la ecuación en los tramos mencionados anteriormente se obtienen las velocidades operacionales que se muestran en la Tabla 13.

¹ P_a : Pasajeros que ascienden al vehículo

Tabla 13. Velocidad operacional (km/h) de las rutas T1 y T3

Ruta	Tramo	Velocidad o. Hora		
		Pico	Valle	Promedio
T1	Temprana-Provenza	43	44	44
	La Isla-La Isla	30	27	28
	Provenza-Temprana	47	51	49
T3	Temprana-Provenza	38	52	48
	La Rosita-La Rosita	22	28	28
	Provenza-Temprana	53	47	45

Fuente: Elaboración propia

La velocidad operacional hallada para los tramos con semáforos en promedio es de 27 km/h, mientras que en los tramos sin semáforos es de 47 km/h, aproximadamente 70% más de la velocidad en los tramos más lentos.

1.2.1.6 Carga de pasajeros. En la determinación de la carga de pasajeros se tiene en cuenta el tiempo de atención en la parada en función de la cantidad de pasajeros que abordan la unidad transportadora, dicha función se demuestra en el Anexo D.

$$t_{ap}[seg] = 0,2457 * P_a + 14,147$$

Al tener el tiempo de atención en la parada y la cantidad de pasajeros que abordan el vehículo se puede calcular la Carga de pasajeros [pasajeros/minuto] para cada estación y posteriormente encontrar la carga máxima del recorrido. De

todos los recorridos se identifican aquellos con la mayor y menor carga además de un promedio general de todos los recorridos aforados, en cada ruta (ver Tabla 14). La ecuación para la carga de pasajeros es:

$$Carga\ de\ pasajeros\ \left[\frac{Pasajeros}{minuto} \right] = \frac{Pasajeros\ que\ ascienden}{Tiempo\ de\ atención\ en\ la\ parada}$$

Tabla 14. Carga de pasajeros (Pasajeros/min) de las rutas T1 y T3

Ruta	Máximo	Mínimo	Promedio
T1	38	14	27
T3	37	14	28

Fuente: Elaboración propia

En la ruta T1 la carga de pasajeros máxima no corresponde al recorrido pico, ya que a pesar de tener la mayor demanda los pasajeros estaban distribuidos en varias estaciones, mientras que en el segundo recorrido aforado se evidencia una gran cantidad de pasajeros que abordan la unidad transportadora en la Estación Temprana y contribuyen a tener una carga de pasajeros mayor que la del recorrido pico. De esta forma, se escoge la carga de pasajeros máxima del recorrido dos para continuar calculando los atributos, pues se considera que éste es el más crítico. La carga de pasajeros mínima corresponde al recorrido valle determinado anteriormente.

En la ruta T3 los valores de carga de pasajeros máximo y mínimo corresponden a los recorridos pico y valle respectivamente.

1.2.1.7 Intervalo. El cálculo del intervalo o frecuencia de paso de los vehículos tiene en cuenta la capacidad máxima de la unidad transportadora y la carga de pasajeros máxima tal como se muestra en la ecuación. Los recorridos pico y valle van a proporcionar la frecuencia de paso en los horarios respectivos (ver Tabla 15), de tal forma que se atienda la demanda de pasajeros de forma eficiente.

$$\text{Intervalo [min]} = \frac{\text{Capacidad del vehículo}}{\text{Carga de pasajeros}_{\text{máx}}}$$

Tabla 15. Intervalo (min) de las rutas T1 y T3

Ruta	Pico	Valle
T1	4	11
T3	4	11

Fuente: Elaboración propia

1.2.1.8 Flota. La fórmula para determinar la flota de la ruta se divide la duración del recorrido en el intervalo de paso. Se calculan dos flotas, la efectiva que corresponde a las unidades que atienden las horas picos y la operacional que se estima para atender una demanda de pasajeros promedio (ver Tabla 16).

$$\text{Flota [Unidad transportadora]} = \frac{\text{Duración del recorrido}}{\text{Intervalo}}$$

Además, se estima una flota de reserva que corresponde al 10 % de la flota efectiva. El número total de unidades transportadoras corresponde a la suma de la flota efectiva y de reserva.

Tabla 16. Flota de rutas T1 y T3

Ruta	Operacional	Efectiva	Reserva	Total
T1	10	15	2	17
T3	11	15	2	17

Fuente: Elaboración propia

Para atender cada ruta son necesarios 15 vehículos articulados, para un total de 30 unidades transportadoras. Se puede observar que las dos rutas tienen atributos similares, lo que hace viable la integración de ambas, por lo cual se puede concluir que para atender la demanda, pueden compartir la flota disponible, en otras palabras, 15 vehículos son suficientes para atender las dos rutas. Adicional se debe contar con la flota de reserva de 2 vehículos por ruta.

Según información proporcionada, Metrolínea S.A. dispone de una flota efectiva de 8 vehículos para atender cada ruta, en total tiene 16 vehículos disponibles, más la reserva de 5 vehículos (3 unidades de Movilizamos S.A. y 2 de Metrocinco S.A.) De esta forma se evidencia que los operadores tienen la flota suficiente para atender la demanda estimada en este estudio.

1.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1.3.1 Perfil de carga. El perfil de carga se hace para todo el recorrido de las rutas superponiendo los datos de ascenso, descenso y ocupación del vehículo teniendo en cuenta la cantidad de sillas disponibles y su máxima ocupación recomendada por el operador.

Se presentan los perfiles de carga para el recorrido pico, valle y el promedio por ruta. Para la ruta T1 ver Gráfica 1, Gráfica 2 y

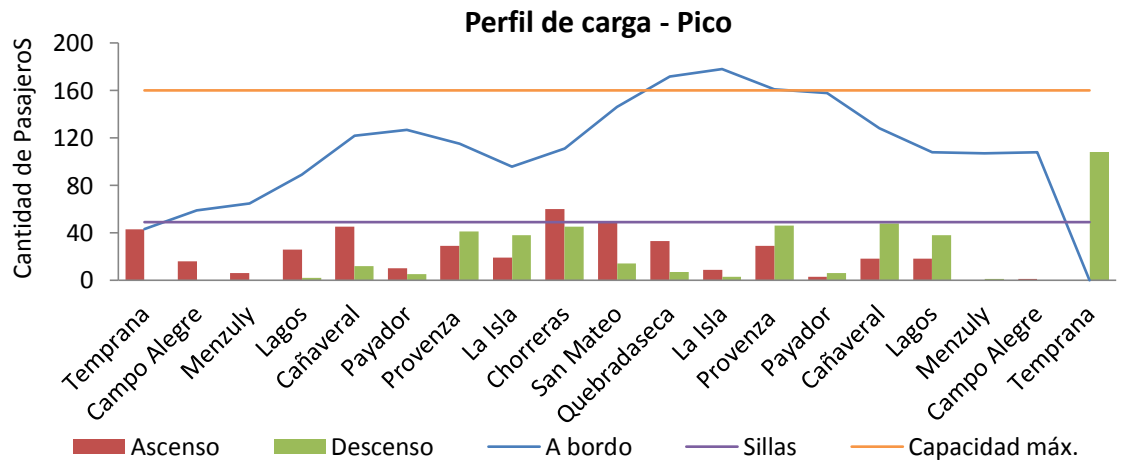
Gráfica 3 respectivamente, para la ruta T3 ver Gráfica 4, Gráfica 5 y Gráfica 6 respectivamente.

1.3.1.1 Ruta T1

➤ Recorrido pico

Analizando el comportamiento de ascenso de pasajeros en este recorrido, que tiene lugar entre las últimas horas de la tarde (4:57 p. m. a 5:58 p. m.), se puede apreciar que se presentan dos picos de carga considerables los cuales se están en la Estación Cañaverál (5:11 p. m.) y entre las estaciones Chorreras y Quebrada seca (5:23 p. m. a 5:27 p. m.). Esto refleja una demanda de pasajeros alta que se presenta al final de la jornada laboral puesto que estos picos aparecen en zonas comerciales del Floridablanca y centro de Bucaramanga. Durante la mayor parte del recorrido el vehículo tiene todos sus asientos ocupados, sólo entre las estaciones Chorreras y Provenza su ocupación supera la capacidad máxima. Ver Gráfica 1.

Gráfica 1. Perfil de carga – Pico ruta T1

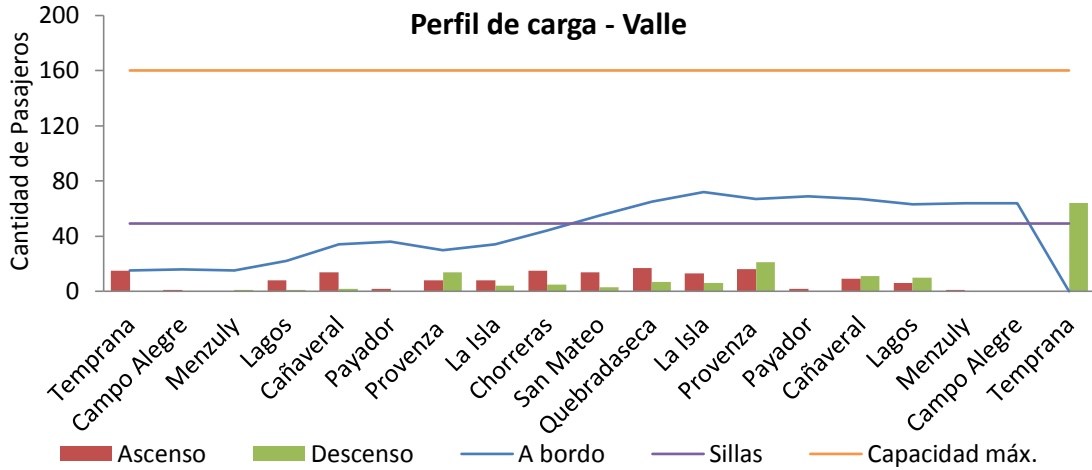


Fuente: Elaboración propia

➤ Recorrido valle

El recorrido valle (7:31 p. m. a 8:29 p. m.) ocurre después de la hora pico de la noche. Es entendible que la demanda de pasajeros disminuya drásticamente, bajo la premisa de que ya han cesado las actividades laborales. A pesar de que se observa una ocupación estable, que apenas supera la cantidad de asientos, se puede apreciar un comportamiento similar al pico, donde la mayoría de los pasajeros a bordo terminan su recorrido en la Estación Temprana de Piedecuesta. Ver Gráfica 2.

Gráfica 2. Perfil de carga – Valle ruta T1



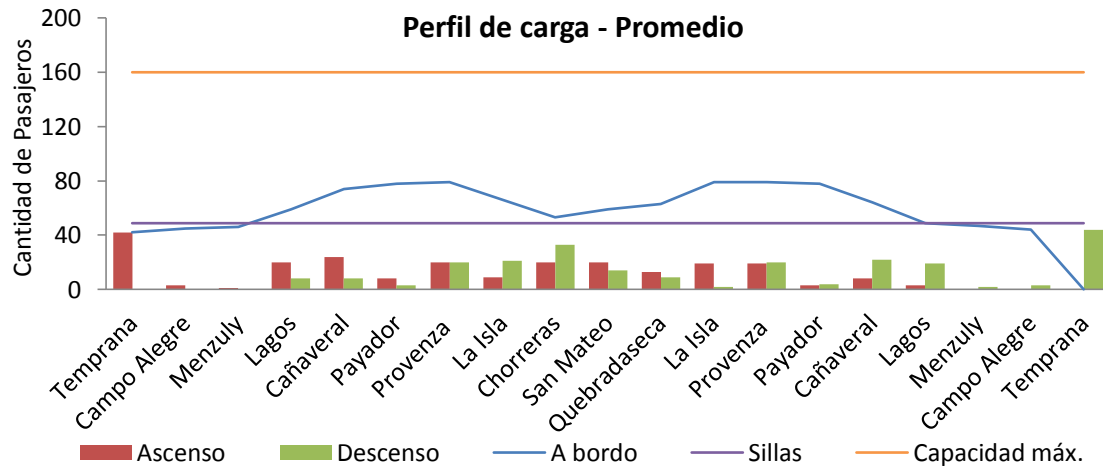
Fuente: Elaboración propia

➤ Promedio de los recorridos

A partir de la información presentada en la

Gráfica 3 del perfil de carga promedio, se puede interpretar que la mayor demanda de pasajeros de la ruta se encuentra en la estación Temprana de Piedecuesta, ya que permite transbordos entre los alimentadores, padrones y troncales. Por otra parte, se puede apreciar que la mayor demanda está en las estaciones Lagos, Cañaverál y Provenza en ambos sentidos; mientras que el mayor descenso de pasajeros es en la Estación Chorreras. Podría inferirse que este comportamiento en estas estaciones es debido al comercio y centros urbanos de alta densidad que se encuentran dentro del radio de influencia de estas mismas.

Gráfica 3. Perfil de carga – Promedio ruta T1



Fuente: Elaboración propia

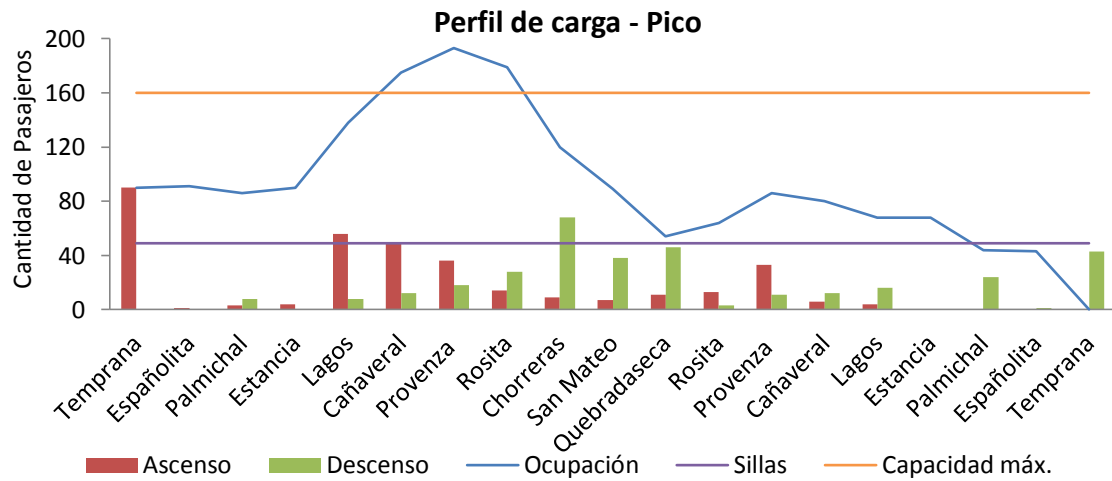
1.3.1.2 Ruta T3

➤ Recorrido pico

Como se definió anteriormente para esta ruta, el recorrido pico se registró durante la mañana (6:54 a. m. a 7:55 a. m.), donde se evidencia que la mayoría de los pasajeros que abordan el vehículo lo hacen en los municipios de Piedecuesta y Floridablanca y descienden en el centro de Bucaramanga (sentido sur – norte). Durante este trayecto las estaciones de mayor carga de pasajeros son Temprana en Piedecuesta y Lagos en Floridablanca.

El vehículo se encuentra lleno con todos sus asientos ocupados la mayor parte del recorrido, sólo hasta la estación Palmichal, cuando está de regreso, la cantidad de pasajeros es inferior a los asientos disponibles. Entre las estaciones de Cañaveral y Chorreras la ocupación del articulado es mayor a la de su capacidad máxima recomendada. Ver Gráfica 4.

Gráfica 4. Perfil de carga – Pico ruta T3



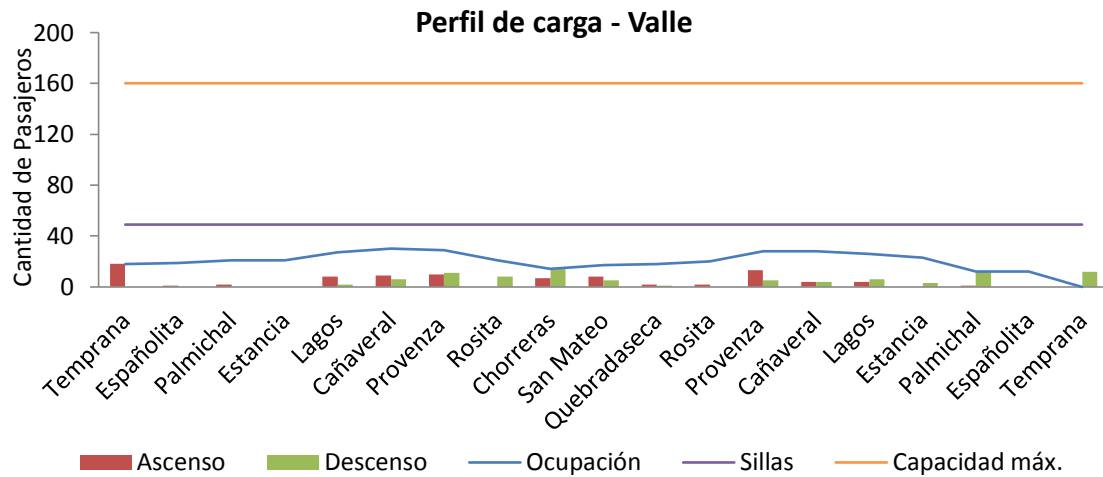
Fuente: Elaboración propia

➤ Recorrido valle

El recorrido valle se presenta durante el mediodía (12:50 p.m. – 1:43p.m.), a pesar de que este momento del día se considera como horario pico, casualmente este recorrido presentó la menor afluencia de pasajeros del día ya que su salida se dio cerca de la una de la tarde donde el flujo de personas es bajo ya que se considera que es el tiempo de almuerzo.

El flujo de pasajeros durante el recorrido es constante, sin embargo, se resalta que la mayoría de los pasajeros ascienden al vehículo en las estaciones: Temprana, Cañaverl, Provenza y San Mateo. El descenso de los pasajeros tiene picos en las estaciones Chorreras (ida) y Palmichal (vuelta). Durante todo el recorrido todos los pasajeros iban sentados pues la ocupación nunca superó la cantidad de sillas disponibles. Ver Gráfica 5.

Gráfica 5. Perfil de carga – Valle ruta T3

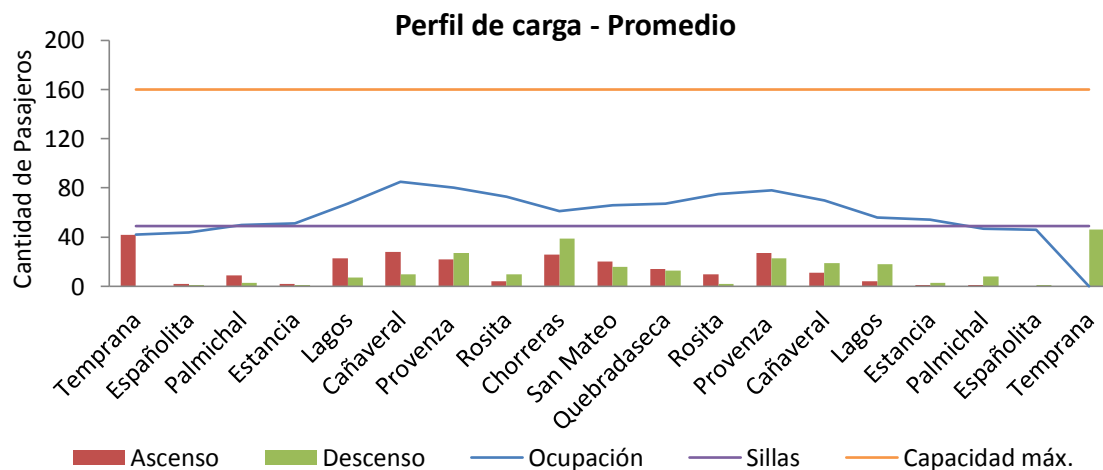


Fuente: Elaboración propia

➤ Promedio de los recorridos

En promedio la ruta T1 tiene una ocupación mayor a la cantidad de sillas disponibles durante la mayor parte del recorrido, sin embargo, no se refleja que supere la capacidad máxima del vehículo. Se puede identificar que las estaciones donde menos flujo de pasajeros hay son: Españolita, Palmichal y Estancia. Las estaciones de mayor flujo de pasajeros son: Temprana, Cañaveral, Provenza y Chorreras. Se observa que la mayoría de los pasajeros suben o bajan del vehículo en la estación Temprana. Ver Gráfica 6

Gráfica 6. Perfil de carga – Promedio ruta T3



Fuente: Elaboración propia

1.3.2 Eficiencia. La eficiencia de una ruta se puede medir de forma cualitativa y cuantitativa, comparando los atributos calculados a partir de la información recolectada en campo con la programación establecida por el Ente Gestor Metrolínea.

Algunas de los aspectos a tener en cuenta para calificar la eficiencia de forma cualitativa son: cumplimiento de las frecuencias de despacho, paradas y recorrido. Cuantitativamente se mide el desempeño de las rutas en función de las velocidades comercial y operacional calculadas en los atributos.

1.3.2.1 Frecuencias de despacho. La frecuencia de paso de las rutas establecida por Metrolínea se muestra en las Tablas 1 y 2, en las que para las dos rutas tienen la misma frecuencia en hora pico y valle que son de 8 y 13 minutos respectivamente. En el cálculo realizado en los atributos se encontraron frecuencias de 4 y 11 minutos.

Como se mencionó en el principio del texto estas dos rutas comparten el mismo recorrido y la mayoría de paradas, sólo se diferencian en cuatro de ellas, que corresponden a las estaciones con menor demanda de pasajeros, tres de las cuales están en la vía Floridablanca – Piedecuesta y corresponden a estaciones como Españolita, Menzuly, Palmichal y Estancia que se ubican en sectores poco comerciales o no residenciales.

Durante el aforo se pudo evidenciar que los tiempos de despacho se cumplen, por ejemplo, para las horas pico: Cada 8 minutos sale los T1 y T3 desfasados entre ellos por 4 minutos, es decir, a las 6:00 a. m. sale un articulado T1, a las 6:04 a. m. despachan una unidad T3 y a las 6:08 a.m. nuevamente sale una unidad T1, de tal forma que en las paradas que comparten estas dos rutas, donde hay una mayor demanda de pasajeros, la frecuencia de paso es de 4 minutos (tal como se calculó en los atributos) y las personas que van de Piedecuesta directamente al centro de Bucaramanga y viceversa tienen la opción de abordar cualquiera de las dos rutas pues ambas tienen el mismo origen – destino. Mientras que en las estaciones donde solo para una de las rutas va a tener una frecuencia de 8 minutos.

Respecto a la frecuencia en horas valle, se estimó un intervalo de 11 minutos para cada ruta, que siguiendo la dinámica de despachos descrita en el párrafo anterior, los vehículos de cada ruta serían despachados cada 22 minutos, desfasados por 11 minutos entre ellos. Sin embargo, están programados por Metrolínea para despacharse cada 13 minutos con un desfase de aproximadamente 7 minutos entre ellos, lo que significa que tienen una mayor frecuencia de la que realmente necesitan para atender la demanda.

1.3.2.2 Paradas. Las paradas establecidas por Metrolínea para cada ruta se cumplen en cada recorrido aforado. No se presentó el caso de que los vehículos incumplieran alguna parada programada. Sin embargo, se evidenció que las

personas que desean ir del centro de Bucaramanga hacia Piedecuesta deben abordar el vehículo en el sentido Sur – Norte ya que cuando va de regreso (sentido Norte – Sur) no hace paradas en las estaciones del centro (Quebrada seca, San Mateo y Chorreras).

1.3.2.3 Recorrido. Los recorridos aforados de las dos rutas cumplen el recorrido como está estipulado en las Tablas 1 y 2. Sin embargo se hace la observación de que en la vía Floridablanca – Piedecuesta donde existe un carril exclusivo que va dentro de los separadores y retornos, no siempre el conductor elige este carril.

Se desconocen los motivos por los cuales algunas veces los conductores de las unidades transportadoras no circulan por el carril dispuesto para ellos. Sin embargo, no hace mayor diferencia en el ciclo de la ruta.

1.3.2.4 Desempeño. Para medir la eficiencia de forma cuantitativa se puede calcular el desempeño de la ruta comparando las velocidades comercial y operacional, de tal forma que se pueda estimar si existe congestionamiento. A continuación, en la Tabla 17. Desempeño de las rutas T1 y T3 se muestra el resultado del desempeño por tramos de cada ruta.

Tabla 17. Desempeño de las rutas T1 y T3

Ruta	Hora	Tramo	Velocidad [km/h]		Desempeño
			Comercial	Operacional	
T1	Pico	Temprana - Provenza	39	43	90 %
		La Isla - La Isla	23	30	78 %
		Provenza - Temprana	40	47	85 %
	Valle	Temprana - Provenza	41	44	92 %
		La Isla - La Isla	24	27	90 %
		Provenza - Temprana	43	51	85 %
	Promedio	Temprana - Provenza	40	44	91 %
		La Isla - La Isla	24	28	84 %
		Provenza - Temprana	42	49	85 %
T3	Pico	Temprana - Provenza	36	38	95 %
		La Rosita - La Rosita	19	22	90 %
		Provenza - Temprana	47	53	89 %
	Valle	Temprana - Provenza	53	63	84 %
		La Rosita - La Rosita	26	31	85 %
		Provenza - Temprana	39	47	84 %
	Promedio	Temprana - Provenza	44	48	92 %
		La Rosita - La Rosita	23	28	82 %
		Provenza - Temprana	40	45	91 %

Fuente: Elaboración propia

Para las dos rutas en general tiene un buen desempeño de más del 80 % en los tres escenarios analizados. Los desempeños más bajos están en los tramos La Isla – La Isla y La Rosita – La Rosita respectivamente, debido a que en este tramo hay presencia de semáforos y transeúntes al lado de la vía ya que es una zona comercial, por lo cual los vehículos deben mantener una velocidad baja respecto de los demás tramos del recorrido.

Un desempeño de entre 85 % y 90 % puede indicar que hubo congestionamiento, durante los aforos solo se evidenció en tres tramos cortos: saliendo de la carrera 15 bajo el intercambiador de la puerta del sol, ya que un tramo del carril exclusivo

estaba cerrado por reparaciones; bajo el puente de Conucos donde estaban terminando de pavimentar el carril exclusivo como parte de las obras del tercer carril y frente a la construcción (abandonada) de la Estación Papi Quiero Piña, donde hay reducción de calzada por las obras. Estos puntos de congestión no fueron significativos pues no representaron mayor variación en las duraciones del ciclo de cada aforo.

Si el desempeño es de 90 % o más se considera muy bueno, pues la diferencia en las velocidades puede ser causada por el ascenso y descenso de pasajeros, los buses en algunos momentos deben esperar que otro vehículo que este adelante atienda a sus pasajeros para posteriormente poder hacer la parada en las puertas de la estación.

1.3.3 Análisis del IPK. Como se observa en la Tabla 8. “*IPK de las rutas T1 y T3*” su calificación esta entre consolidada y regular (IPK de 12 y 3), a pesar de esto en el promedio para las dos rutas esta entre óptimo y consolidado (IPK de 6 y 7), lo que indica que en general la ruta tiene una muy buena afluencia de pasajeros.

En el Conpes 3370 del 2005 [5] se muestra un “Gráfico No 1. Indicadores operativos para módulos de ejecución por municipio” (Ver Gráfica 7) donde se observa que para las rutas que cubran los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta se estima un IPK Consolidado de 7,36. Según lo estimado en los atributos, las rutas están muy cerca de alcanzar el IPK propuesto por diseño.

Gráfica 7. Gráfico No 1. Indicadores operativos para módulos de ejecución por municipio

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

Bucaramanga	
IPK Consolidado	9.11
Cobertura del Sistema	33%
Flota en operación*	217

+ Floridablanca	
IPK Consolidado	9.05
Cobertura del Sistema	52%
Flota en operación*	347

+ Floridablanca + Piedecuesta	
IPK Consolidado	7.36
Cobertura del Sistema	56%
Flota en operación*	362

Modificado de: CONPES 3370 del 2005 y Universidad Industrial de Santander [5]

Dentro de la Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo en el Documento Conpes 3260 de 2003 se dice que: «De acuerdo con los parámetros operativos y de inversión para este tipo de sistemas, los diseños operativos deberán garantizar, sobre la base de una ocupación media diaria de los vehículos superior a 1,000 en vehículos de alta capacidad (articulados), y 500 pasajeros en vehículos de mediana capacidad (padrones), que el índice de pasajeros kilómetro (IPK) no sea inferior a 4,0.»² [6] Según lo anterior las rutas diagnosticadas superan los requerimientos mínimos de las características físicas y operativas de los SITM que se proponen en este documento, como se mencionó anteriormente en los aforos se contabilizaron más de 2000 pasajeros por ruta y se obtuvieron IPK promedio superiores a 6.

² Documento Conpes 3260. Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo. Bogotá D.C. 2003. p. 13.

1.3.4 Análisis preliminar económico. Se quiere hacer un análisis preliminar económico de las rutas T1 y T3 del SITM Metrolínea con el fin de presentar un contraste entre los ingresos tarifarios a la ruta y su costo de operación, de forma aproximada, sin tener en cuenta una matriz origen destino (MOD) del sistema.

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: costo de operación, transbordos de pasajeros, distancia recorrida y repartición de la tarifa.

1.3.4.1 Costo de operación. El costo operacional de los vehículos articulados que cubren las rutas troncales del SITM Metrolínea está establecido para el primer semestre del año 2017 en \$5.630,97 por kilómetro recorrido de la unidad transportadora [3] (no se conoce el valor actual establecido). Lo que da como resultado un costo de operación por recorrido de aproximadamente \$197.083,95.

1.3.4.2 Transbordo de pasajeros. Las rutas analizadas tienen la particularidad que solo realizan paradas en estaciones donde los pasajeros tienen la posibilidad de realizar transbordo entre unidades transportadoras (alimentadores, padrones, troncales). Esta condición tiene como consecuencia que el valor pagado por el usuario representa la solicitud del servicio de más de una unidad transportadora.

1.3.4.3 Distancia recorrida. Para hacer este análisis preliminar económico solo se tienen en cuenta cuatro longitudes de viaje que se consideran posibles y de mayor demanda según lo observado durante cada aforo y que se refleja en los perfiles de carga presentados anteriormente. Además se usó como modelo un caso promedio en el cual el usuario deba usar una unidad alimentadora y un articulado dentro de su viaje teniendo en cuenta el pago de un solo pasaje.

Partiendo sobre la premisa de que el usuario que entra o sale del sistema abordando un bus troncal y un bus alimentador, se toma el promedio de los recorridos por sentido de todos los alimentadores de Piedecuesta (rutas APD) que se estima en 3,71 km (ver Anexo E), como una constante en los viajes de los usuarios y se agrega la distancia desde la Estación Temprana hasta las Estaciones Lagos, Cañaveral, Provenza y Chorreras, donde se evidencia mayor tránsito de pasajeros

De esta forma se definen las longitudes de viaje posibles y con esto se estiman los porcentajes de participación de los articulados dentro del viaje de los usuarios, tal y como se muestra en la Tabla 18. Longitudes de viaje (km/h).

Tabla 18. Longitudes de viaje (km/h)

Estación	Longitud			Participación Rutas troncales
	T	APD	Total	
Lagos	10,09	3,71	13,80	73 %
Cañaveral	10,87	3,71	14,58	75 %
Provenza	13,22	3,71	16,93	78 %
Chorreras	17,03	3,71	20,74	82 %
			Promedio	77 %

Fuente: Elaboración propia

En promedio se estima que la demanda de pasajeros de las rutas T1 y T3 son personas que se mueven entre Piedecuesta y el centro de Bucaramanga, de tal forma que el 77 % de su viaje se realiza en un vehículo articulado mientras que el 23 % restante lo hacen en un alimentador.

1.3.4.4 Análisis de repartición de la tarifa. En el año 2017 la tarifa para el SITM está fijada en \$2.100,00 la cual está distribuida por porcentajes entre los diferentes participantes que se encargan de la gestión, operación y mantenimiento del sistema. Ver la Tabla 19.

Tabla 19. Desglose de la tarifa del SITM Metrolínea

Participante	Porcentaje	Valor
Tisa S.A. (Recaudo)	13,5 %	\$ 283,50
Metrolínea S.A.	6,85 %	\$ 143,85
Funcionamiento SITM	4,79 %	\$ 100,59
Contingencias judiciales	1,87 %	\$ 39,27
AMB	0,24 %	\$ 5,00
Operación	72,75 %	\$ 1.527,79
Total	100%	\$ 2.100,00

Fuente: Metrolínea S.A.

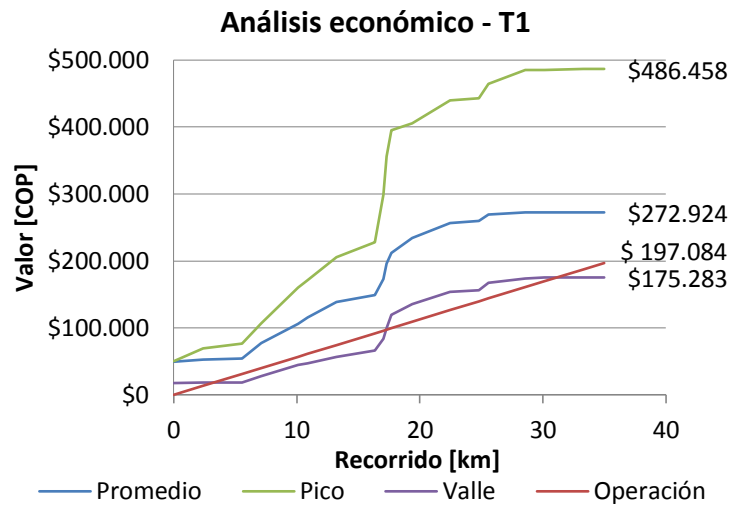
Según la tabla presentada anteriormente, el valor destinado para cubrir los costos operacionales de las rutas es de \$ 1.527,79 por pasajero, según la última distribución aprobada, donde se elimina el porcentaje para la concesión del portal de Papi Quiero Piña (PQP) en Floridablanca.

En base a lo expuesto anteriormente en el punto 3, se considera que el aporte de \$1.527,79 se debe repartir proporcionalmente a la distancia recorrida en cada vehículo, de tal forma que \$351,39 son para el alimentador y \$1.176,40 son para el troncal, este valor multiplicado por la demanda de pasajeros en cada recorrido son los ingresos.

- **Ruta T1**

A continuación, se muestra en la Gráfica 8 los ingresos de la ruta T1 frente al costo de operación en las tres horas analizadas (pico, valle y promedio). Para ver las tablas de valores ver el Anexo E

Gráfica 8. Análisis económico - ruta T1



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20 se muestran las ganancias para cada caso. En el recorrido pico como es de esperarse se obtiene la mayor ganancia que es de \$289.373,61, mientras en el recorrido valle tiene una pérdida de \$21.800,60. En promedio la ruta genera una ganancia de \$75.840,46 por recorrido.

Tabla 20. Ganancias de la ruta T1

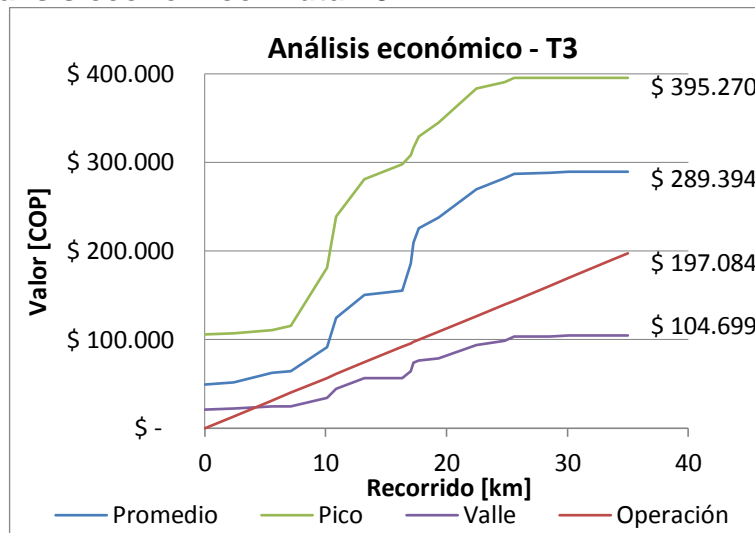
Hora	Ingresos	Operación	Ganancias
Pico	\$486.457,56	\$197.083,95	\$289.373,61
Valle	\$175.283,35	\$197.083,95	-\$21.800,60
Promedio	\$272.924,41	\$197.083,95	\$75.840,46

Fuente: Elaboración propia

- **Ruta T3**

En la Gráfica 9 se presentan los ingresos de la ruta T3 frente al costo de operación en las tres horas analizadas (pico, valle y promedio).

Gráfica 9. Análisis económico - ruta T3



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 21 se muestran las ganancias para cada caso. En el recorrido pico tiene la mayor ganancia de \$198.185,88, mientras en el recorrido valle tiene una

pérdida de -\$92.384,50. En promedio la ruta genera una ganancia de \$92.310,03 por recorrido.

Tabla 21. Ganancias de la ruta T3

Hora	Ingresos	Operación	Ganancias
Pico	\$395.269,83	\$197.083,95	\$198.185,88
Valle	\$104.699,45	\$197.083,95	-\$92.384,50
Promedio	\$289.393,98	\$197.083,95	\$92.310,03

Fuente: Elaboración propia

2. CONCLUSIONES

- Según lo observado en los perfiles de carga en los recorridos pico, se presenta sobrecupo en un tramo, donde se supera la capacidad máxima de la unidad. Esto ocurre entre la estación de Cañaveral y el centro de Bucaramanga.

A pesar de que se realizó el cálculo de las frecuencias óptimas para la correcta operación de las rutas, estas se hallan con base a la carga máxima encontrada en el recorrido, en donde se establecen tiempos entre unidades para que cada una de estas ocupe su totalidad, sin embargo, esta carga máxima definida, se obtiene a partir de la cantidad máxima de pasajeros que abordan en una sola estación y no tiene en cuenta la cantidad de pasajeros que se encuentran en el resto de estaciones que si bien su demanda es menor, también ocasionan una saturación del vehículo hasta el punto de presentar sobre cupo.

- Las rutas son dinámicas durante el recorrido en estaciones como Lagos, Cañaveral, Chorreras y San Mateo, se presentan un alto número de pasajeros que ascienden y descienden del vehículo.
- Se evidencia que en todos los recorridos, el ciclo tuvo una duración de alrededor de una hora, no presenta mayores retrasos ni sufre de congestionamiento en horas pico.
- Se utilizó para el cálculo de los atributos, una longitud promedio de 35 km, ya que se evidenció que en algunos de los recorridos, los conductores no tomaron el carril preferencial y/o exclusivo en el tramo Piedecuesta – Floridablanca, específicamente en donde el carril va dentro del retorno de la vía que cuenta con semáforos, en algunas ocasiones los conductores pasan a la calzada compartida

para evitar la luz roja del semáforo o un vehículo que esté dando el retorno en ese momento.

- Las rutas tienen un desempeño del 87 % en promedio. Esto indica un estado de operación sobresaliente, con el cual se puede ofrecer al usuario un servicio de calidad respecto de la velocidad y tiempos de recorrido.
- Las rutas T1 y T3 presentan IPK igual y superior a 6 (óptimo), lo que está cerca de los 7,36 que se estipulan en el Documento Conpes 3370. Es necesario tener en cuenta los IPK de las demás rutas cuyo recorrido atraviesa los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta de tal forma que se obtenga un IPK general acorde a todos los viajes que demandan este recorrido.
- Para el Documento Conpes 3260, el IPK obtenido es superior al valor de 4,0 requerido, al igual que los 1.000 pasajes diarios para buses articulados, cumpliendo los indicadores mínimos para implementar el sistema.
- Según lo calculado en los atributos son necesarios 15 vehículos para atender las rutas troncales (T1 y T3), frente a los 16 vehículos a los dispuestos por parte de los operadores, no se considera que la flota actual de las empresas este sobredimensionada.
- Del análisis económico se puede decir que en general las rutas troncales están dejando una ganancia promedio de \$ 84.000,00 por recorrido; en las Tablas 20 y 21 se evidencia que en los recorridos valle deja pérdidas, sin embargo, las ganancias del recorrido pico las contrarrestan. Teniendo en cuenta que es un análisis preliminar, no se tuvo en consideración la totalidad de viajes diarios de las rutas.

- Se estima que aproximadamente se tienen 100 despachos diarios en conjunto de las dos rutas, es decir que está generando \$8.400.000,00 diarios, más no se tiene en cuenta la demanda de los fines de semana y días festivos donde se intuye el flujo de pasajeros es menor, al igual que las frecuencias de despacho y la flota destinada, pues la ruta T1 no circula los días domingos y festivos.
- El punto de equilibrio económico para lo estimado en las rutas T1 y T3 es de 168 pasajeros para no tener pérdidas.

3. RECOMENDACIONES

- Durante las horas valle los articulados presentan una baja ocupación, se considera que la causa puede ser la frecuencia de paso de los vehículos. Se recomienda disminuir a 22 minutos aproximadamente el intervalo para cada ruta, tal como se mostró en la Tabla 15 donde para cada una es de 11 minutos en hora valle, y siguiendo la dinámica que se enunció en el análisis de la eficiencia por frecuencias de despacho, al superponer las dos rutas las paradas compartidas sentirán una frecuencia de 11 minutos.
- Durante las horas picos se evidenció sobrecupo en los vehículos, lo cual contribuye a un mal servicio. Para mitigar esta situación se recomienda hacer un análisis más detallado de la demanda en hora pico y hacer una frecuencia diferencial durante esta franja horaria, ya que se encontró un recorrido con muy baja afluencia de pasajeros entre las 10:30 a. m. y 2:00 p. m. (recorrido valle de la ruta T3 con salida a las 12:50 p. m.). Lo cual indican que no necesariamente durante esta franja la demanda es constante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CHIO, Juan Carlos. Déficit operacional del Metrolínea se redujo con cambios en la tarifa. [En línea]. Vanguardia Liberal. Bucaramanga. 2017.

(Recuperado en 26 de agosto 2017) Disponible en :
<http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/394059-deficit-operacional-del-metrolinea-se-redujo-con-cambios-en-la>

[2] ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA. Resolución No. 000435 del 31 de agosto. Bucaramanga, 2016. 14p.

[3] ARÉVALO D, Luis D. Planteamiento de la propuesta de mejoramiento del SITM y STPC. Cotrausan. Bucaramanga.,2017. 128 p.

[4] CAL Y MAYOR, Rafael; CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito. México: Alfaomega. Séptima edición, 1994. p 204.

[5] CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Sistema integrado del servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros del Área Metropolitana de Bucaramanga - seguimiento. Conpes 3370. Bogotá D.C., 2005. p 8.

[6] CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo. Conpes 3260. Bogotá D.C., 2003. p 19.

BIBLIOGRAFÍA

ARÉVALO D, Luis D. Planteamiento de la propuesta de mejoramiento del SITM y STPC. Cotrausan. Bucaramanga., 2017. 128 p.


CAL Y MAYOR, Rafael; CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito. México: Alfaomega. Séptima edición, 1994. 517 p

MOLINERO. Ángel, SÁNCHEZ. Luis. Transporte Público: planeación, diseño, operación y administración. México. UAEM, 1997.729 p.

ANEXOS

Anexo A. Formato de recolección de datos en campo

Tabla 1. Formato de recolección de datos en campo


ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO					
Fecha: (D.M.A.)		Hora Inicio:	00:00	Localización:	
Día:	Miércoles	Hora Final:	00:00		De:
Ruta Nº: _____ Nombre de la Ruta: _____					
Tipo Vehículo: _____ ARTICULADO _____ Nº Asientos: _____ Empresa: _____					
Hora Salida: _____ Hora Llegada: _____ Terminal de salida: _____					
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN
					Estación Temprana Piedecuesta
					Estación Campo Alegre
					Estación Menzuly
					Estación Lagos
					Estación Cañaveral
					Estación Payador
					Estación Provenza vagón norte
					Estación La Isla
					Estación Chorreras vagón norte
					Estación San Mateo vagón norte
					Estación Quebradaseca
					Estación La Isla
					Estación Provenza vagón norte
					Estación Payador
					Estación Cañaveral
					Estación Lagos
					Estación Menzuly
					Estación Campo Alegre
					Estación Temprana Piedecuesta
TOTALES					
		METROLINEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO
ELABORÓ	NOMBRE:	FIRMA:		FECHA:	
REVISÓ	NOMBRE:	FIRMA:		FECHA:	

Fuente: Proporcionado por el Director de proyecto, Ingeniero Luis David Arévalo.

Anexo B. Datos recolectados por ruta


- Ruta T1

Tabla 2. Recorrido 1 – T1

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO					
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	05:50 a.m.	Localización	Hoja: 1
Día: Miércoles	Miércoles	Hora Final:	06:52 a.m.		De: 1
Ruta Nº: T1		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA			
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 49	Empresa: _____		Recorrido 1
Hora Salida: 5:55 a.m.		Hora Llegada: 6:52 a.m.		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA	
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN
1	05:50 a.m.	50	0	50	Estación Temprana Piedecuesta
2	05:58 a.m.	50	0	0	Estación Campo Alegre
3	06:02 a.m.	50	0	0	Estación Menzuly
4	06:06 a.m.	60	10	20	Estación Lagos
5	06:08 a.m.	63	11	14	Estación Cañaveral
6	06:10 a.m.	66	0	3	Estación Payador
7	06:12 a.m.	50	18	2	Estación Provenza vagón norte
8	06:15 a.m.	29	21	0	Estación La Isla
9	06:18 a.m.	15	16	2	Estación Chorreras vagón norte
10	06:20 a.m.	17	3	5	Estación San Mateo vagón norte
11	06:22 a.m.	28	10	21	Estación Quebradaseca
12	06:29 a.m.	43	1	16	Estación La Isla
13	06:32 a.m.	100	5	62	Estación Provenza vagón norte
14	06:34 a.m.	100	3	3	Estación Payador
15	06:37 a.m.	86	24	10	Estación Cañaveral
16	06:39 a.m.	57	29	0	Estación Lagos
17	06:44 a.m.	53	4	0	Estación Menzuly
18	06:48 a.m.	48	5	0	Estación Campo Alegre
19	06:52 a.m.	0	48	0	Estación Temprana Piedecuesta
TOTALES					
		METROLINEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO
ELABORÓ	NOMBRE: Jesús Rodríguez		FIRMA:	FECHA:	
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:	FECHA:	


Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Recorrido 2 – T1

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO					
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	06:55 a.m.	Localización:	
Día:	Miércoles	Hora Final:	07:57 a.m.		
				Hoja:	1
				De:	1
Ruta Nº: T1		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA			
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 49	Empresa: _____		Recorrido 2
Hora Salida: 6:55 a.m.		Hora Llegada: 7:57 a.m.		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA	
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN
1	06:55 a.m.	95	0	95	Estación Temprana Piedecuesta
2	07:02 a.m.	97	0	2	Estación Campo Alegre
3	07:05 a.m.	97	0	0	Estación Menzuly
4	07:10 a.m.	98	19	20	Estación Lagos
5	07:13 a.m.	119	13	34	Estación Cañaveral
6	07:15 a.m.	133	5	19	Estación Payador
7	07:17 a.m.	156	18	41	Estación Provenza vagón norte
8	07:24 a.m.	118	44	6	Estación La Isla
9	07:26 a.m.	60	61	3	Estación Chorreras vagón norte
10	07:28 a.m.	32	30	2	Estación San Mateo vagón norte
11	07:30 a.m.	28	9	5	Estación Quebradaseca
12	07:37 a.m.	71	0	43	Estación La Isla
13	07:40 a.m.	67	12	8	Estación Provenza vagón norte
14	07:42 a.m.	68	3	4	Estación Payador
15	07:45 a.m.	55	15	2	Estación Cañaveral
16	07:47 a.m.	36	19	0	Estación Lagos
17	07:50 a.m.	34	2	0	Estación Menzuly
18	07:54 a.m.	18	16	0	Estación Campo Alegre
19	07:57 a.m.	0	18	0	Estación Temprana Piedecuesta
TOTALES					
		METROLÍNEA		MONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO	
ELABORÓ	NOMBRE: Jesús Rodríguez		FIRMA:		FECHA:
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:


Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Recorrido 4 – T1

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO							
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	09:14 a.m.	Localización:		Hoja:	1
Día:	Miércoles	Hora Final:	10:12 a.m.			De:	1
Ruta Nº: T1		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA					
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 49		Empresa: _____		Recorrido 4	
Hora Salida: 9:14 a.m.		Hora Llegada: 10:12 a.m.		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA			
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN		
1	09:14 a.m.	70	0	70	Estación Temprana Piedecuesta		
2	09:19 a.m.	71	2	3	Estación Campo Alegre		
3	09:22 a.m.	71	0	0	Estación Menzuly		
4	09:27 a.m.	74	21	24	Estación Lagos		
5	09:29 a.m.	85	16	27	Estación Cañaveral		
6	09:31 a.m.	91	4	10	Estación Payador		
7	09:33 a.m.	95	27	31	Estación Provenza vagón norte		
8	09:37 a.m.	73	22	0	Estación La Isla		
9	09:40 a.m.	52	50	29	Estación Chorreras vagón norte		
10	09:41 a.m.	44	25	17	Estación San Mateo vagón norte		
11	09:44 a.m.	32	18	6	Estación Quebradaseca		
12	09:51 a.m.	48	2	18	Estación La Isla		
13	09:55 a.m.	53	15	20	Estación Provenza vagón norte		
14	09:57 a.m.	49	4	0	Estación Payador		
15	09:59 a.m.	32	26	9	Estación Cañaveral		
16	10:01 a.m.	12	22	2	Estación Lagos		
17	10:06 a.m.	11	1	0	Estación Menzuly		
18	10:09 a.m.	7	4	0	Estación Campo Alegre		
19	10:12 a.m.	0	7	0	Estación Temprana Piedecuesta		
TOTALES							
		METROLINEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
ELABORÓ	NOMBRE: Jesús Rodríguez		FIRMA:		FECHA:		
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:		


Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Recorrido 7 – T1

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO						
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	01:26 p.m.	Localización	Hoja:	1
Día:	Miércoles	Hora Final:	02:27 p.m.		De:	1
Ruta Nº: T1		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA				
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 49	Empresa: _____		Recorrido 7	
Hora Salida: 1:26 p.m.		Hora Llegada: 2:27 p.m.		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA		
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN	
1	01:26 p.m.	63	0	63	Estación Temprana Piedecuesta	
2	01:31 p.m.	66	0	3	Estación Campo Alegre	
3	01:36 p.m.	67	0	1	Estación Menzuly	
4	01:40 p.m.	77	17	27	Estación Lagos	
5	01:42 p.m.	91	13	27	Estación Cañaverl	
6	01:45 p.m.	91	6	6	Estación Payador	
7	01:47 p.m.	104	22	35	Estación Provenza vagón norte	
8	01:50 p.m.	86	19	1	Estación La Isla	
9	01:54 p.m.	61	45	20	Estación Chorreras vagón norte	
10	01:55 p.m.	58	22	19	Estación San Mateo vagón norte	
11	01:59 p.m.	51	16	9	Estación Quebradaseca	
12	02:05 p.m.	63	1	13	Estación La Isla	
13	02:09 p.m.	58	18	13	Estación Provenza vagón norte	
14	02:11 p.m.	63	2	7	Estación Payador	
15	02:13 p.m.	55	22	14	Estación Cañaverl	
16	02:15 p.m.	48	10	3	Estación Lagos	
17	02:20 p.m.	44	4	0	Estación Menzuly	
18	02:24 p.m.	41	3	0	Estación Campo Alegre	
19	02:27 p.m.	0	41	0	Estación Temprana Piedecuesta	
TOTALES						
		METROLINEA		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
ELABORÓ	NOMBRE: Jesús Rodríguez		FIRMA:		FECHA:	
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:	


Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Recorrido 9 – T1

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO					
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	03:45 p.m.	Localización:	
Día:	Miércoles	Hora Final:	04:45 p.m.		
Ruta Nº: T1		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA			
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 49	Empresa: _____		Recorrido 9
Hora Salida: 3:45 p.m.		Hora Llegada: 4:45 p.m.		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA	
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN
1	03:45 p.m.	19	0	19	Estación Temprana Piedecuesta
2	03:51 p.m.	22	0	3	Estación Campo Alegre
3	03:54 p.m.	22	0	0	Estación Menzuly
4	04:00 p.m.	39	5	22	Estación Lagos
5	04:01 p.m.	48	7	16	Estación Cañaveral
6	04:03 p.m.	49	3	4	Estación Payador
7	04:05 p.m.	36	19	6	Estación Provenza vagón norte
8	04:08 p.m.	29	11	4	Estación La Isla
9	04:14 p.m.	40	14	25	Estación Chorreras vagón norte
10	04:16 p.m.	47	16	23	Estación San Mateo vagón norte
11	04:18 p.m.	46	5	4	Estación Quebradaseca
12	04:23 p.m.	57	1	12	Estación La Isla
13	04:28 p.m.	68	18	29	Estación Provenza vagón norte
14	04:29 p.m.	71	3	6	Estación Payador
15	04:31 p.m.	59	27	15	Estación Cañaveral
16	04:33 p.m.	40	21	2	Estación Lagos
17	04:39 p.m.	37	3	0	Estación Menzuly
18	04:43 p.m.	38	0	1	Estación Campo Alegre
19	04:45 p.m.	0	38	0	Estación Temprana Piedecuesta
TOTALES					
		METROLINEA			MONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO
ELABORÓ	NOMBRE: Jesús Rodríguez		FIRMA:		FECHA:
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:


Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Recorrido 10- T1

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO					
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	04:57 p.m.	Localización:	Hoja: 1
Día:	Miércoles	Hora Final:	05:58 p.m.		De: 1
Ruta Nº: T1		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA			
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 49	Empresa: _____		Recorrido 10
Hora Salida: 4:57 p.m.		Hora Llegada: 5:58 p.m.		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA	
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN
1	04:57 p.m.	43	0	43	Estación Temprana Piedecuesta
2	05:02 p.m.	59	0	16	Estación Campo Alegre
3	05:05 p.m.	65	0	6	Estación Menzuly
4	05:10 p.m.	89	2	26	Estación Lagos
5	05:11 p.m.	122	12	45	Estación Cañaveral
6	05:15 p.m.	127	5	10	Estación Payador
7	05:15 p.m.	115	41	29	Estación Provenza vagón norte
8	05:20 p.m.	96	38	19	Estación La Isla
9	05:23 p.m.	111	45	60	Estación Chorreras vagón norte
10	05:25 p.m.	146	14	49	Estación San Mateo vagón norte
11	05:27 p.m.	172	7	33	Estación Quebradaseca
12	05:35 p.m.	178	3	9	Estación La Isla
13	05:40 p.m.	161	46	29	Estación Provenza vagón norte
14	05:41 p.m.	158	6	3	Estación Payador
15	05:44 p.m.	128	48	18	Estación Cañaveral
16	05:46 p.m.	108	38	18	Estación Lagos
17	05:50 p.m.	107	1	0	Estación Menzuly
18	05:54 p.m.	108	0	1	Estación Campo Alegre
19	05:58 p.m.	0	108	0	Estación Temprana Piedecuesta
TOTALES					
		METROLINEA		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO	
ELABORÓ	NOMBRE: Jesús Rodríguez		FIRMA:		FECHA:
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:


Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Recorrido 2 – T3

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO						
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	04:55:00 a. m.	Localización:		Hoja: 1
Día:	Miércoles	Hora Final:	07:42:00 p. m.			De: 1
Ruta Nº: T3 Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA Tipo Vehículo: ARTICULADO Nº Asientos: 48 Empresa: _____ Recorrido 2 Hora Salida: 6:54 am Hora Llegada: 7:55 am Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA						
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN	
1	06:54 a.m.	90	0	90	Estación Temprana Piedecuesta	
2	06:59 a.m.	91	0	1	Estación Españolita	
3	07:03 a.m.	86	8	3	Estación Palmichal	
4	07:06 a.m.	90	0	4	Estación Estancia	
5	07:10 a.m.	138	8	56	Estación Lagos	
6	07:12 a.m.	175	12	49	Estación Cañaverl	
7	07:16 a.m.	193	18	36	Estación Provenza vagón norte	
8	07:23 a.m.	179	28	14	Estación Rosita vagón norte	
9	07:26 a.m.	120	68	9	Estación Chorreras vagón norte	
10	07:28 a.m.	89	38	7	Estación San Mateo vagón norte	
11	07:29 a.m.	54	46	11	Estación Quebradaseca	
12	07:35 a.m.	64	3	13	Estación Rosita vagón norte	
13	07:40 a.m.	86	11	33	Estación Provenza vagón norte	
14	07:42 a.m.	80	12	6	Estación Cañaverl	
15	07:44 a.m.	68	16	4	Estación Lagos	
16	07:47 a.m.	68	0	0	Estación Estancia	
17	07:49 a.m.	44	24	0	Estación Palmichal	
18	07:53 a.m.	43	1	0	Estación Españolita	
19	07:55 a.m.	0	43	0	Estación Temprana Piedecuesta	
TOTALES			336	336		
		METROLINEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO	
ELABORÓ	NOMBRE: Sara Chapeta		FIRMA:		FECHA:	
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:	


Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Recorrido 3 – T3

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO					
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	04:55 a.m.	Localización:	Hoja: 1
Día:	Miércoles	Hora Final:	07:42 p.m.		De: 1
Ruta Nº: T3		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA			
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 48	Empresa: _____		Recorrido 3
Hora Salida: 8:15 am		Hora Llegada: 9:10 am		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA	
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN
1	08:15 a.m.	37	0	37	Estación Temprana Piedecuesta
2	08:18 a.m.	41	0	4	Estación Españolita
3	08:22 a.m.	42	1	2	Estación Palmichal
4	08:24 a.m.	44	0	2	Estación Estancia
5	08:27 a.m.	70	5	31	Estación Lagos
6	08:29 a.m.	105	7	42	Estación Cañaveral
7	08:32 a.m.	117	18	30	Estación Provenza vagón norte
8	08:38 a.m.	110	7	0	Estación Rosita vagón norte
9	08:40 a.m.	82	50	22	Estación Chorreras vagón norte
10	08:41 a.m.	59	30	7	Estación San Mateo vagón norte
11	08:43 a.m.	51	14	6	Estación Quebradaseca
12	08:48 a.m.	58	1	8	Estación Rosita vagón norte
13	08:52 a.m.	44	31	17	Estación Provenza vagón norte
14	08:55 a.m.	33	17	6	Estación Cañaveral
15	08:57 a.m.	25	9	1	Estación Lagos
16	09:01 a.m.	25	0	0	Estación Estancia
17	09:03 a.m.	22	3	0	Estación Palmichal
18	09:07 a.m.	19	3	0	Estación Españolita
19	09:10 a.m.	0	19	0	Estación Temprana Piedecuesta
TOTALES			215	215	
		METROLINEA		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO	
ELABORÓ	NOMBRE: Sara Chapeta		FIRMA:		FECHA:
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:


Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Recorrido 5– T3

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO							
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	04:55 a.m.	Localización:		Hoja:	1
Día:	Miércoles	Hora Final:	07:42 p.m.			De:	1
Ruta Nº: T3		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA					
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 48	Empresa: _____			Recorrido 5	
Hora Salida: 10:31 am		Hora Llegada: 11:25 am		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA			
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN		
1	10:31 a.m.	40	0	40	Estación Temprana Piedecuesta		
2	10:36 a.m.	41	0	1	Estación Españolita		
3	10:38 a.m.	45	4	8	Estación Palmichal		
4	10:41 a.m.	45	0	0	Estación Estancia		
5	10:44 a.m.	61	1	17	Estación Lagos		
6	10:46 a.m.	87	6	32	Estación Cañaveral		
7	10:49 a.m.	73	25	11	Estación Provenza vagón norte		
8	10:54 a.m.	72	6	5	Estación Rosita vagón norte		
9	10:57 a.m.	63	37	28	Estación Chorreras vagón norte		
10	10:58 a.m.	59	22	18	Estación San Mateo vagón norte		
11	10:59 a.m.	71	7	19	Estación Quebradaseca		
12	11:05 a.m.	70	6	5	Estación Rosita vagón norte		
13	11:09 a.m.	62	28	20	Estación Provenza vagón norte		
14	11:12 a.m.	50	20	8	Estación Cañaveral		
15	11:13 a.m.	37	13	0	Estación Lagos		
16	11:17 a.m.	37	1	1	Estación Estancia		
17	11:20 a.m.	29	8	0	Estación Palmichal		
18	11:23 a.m.	28	1	0	Estación Españolita		
19	11:25 a.m.	0	28	0	Estación Temprana Piedecuesta		
TOTALES			213	213			
		METROLÍNEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
ELABORÓ	NOMBRE: Sara Chapeta			FIRMA:	FECHA:		
REVISÓ	NOMBRE:			FIRMA:	FECHA:		


Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Recorrido 6 – T3

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO							
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	04:55 a.m.	Localización:		Hoja:	1
Día:	Miércoles	Hora Final:	07:42 p.m.			De:	1
Ruta Nº: T3		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA					
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 48		Empresa: _____		Recorrido 6	
Hora Salida: 11:42 am				Hora Llegada: 12:48 pm			
				Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA			
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN		
1	11:42 a.m.	45	0	45	Estación Temprana Piedecuesta		
2	11:46 a.m.	47	0	2	Estación Españolita		
3	11:49 a.m.	57	3	13	Estación Palmichal		
4	11:51 a.m.	54	3	0	Estación Estancia		
5	11:56 a.m.	59	14	19	Estación Lagos		
6	11:58 a.m.	64	12	17	Estación Cañaveral		
7	12:01 p.m.	47	32	15	Estación Provenza vagón norte		
8	12:06 p.m.	48	1	2	Estación Rosita vagón norte		
9	12:07 p.m.	55	31	38	Estación Chorreras vagón norte		
10	12:08 p.m.	66	9	20	Estación San Mateo vagón norte		
11	12:10 p.m.	77	14	25	Estación Quebradaseca		
12	12:22 p.m.	82	2	7	Estación Rosita vagón norte		
13	12:31 p.m.	76	35	29	Estación Provenza vagón norte		
14	12:34 p.m.	68	18	10	Estación Cañaveral		
15	12:35 p.m.	57	20	9	Estación Lagos		
16	12:39 p.m.	55	3	1	Estación Estancia		
17	12:41 p.m.	56	3	4	Estación Palmichal		
18	12:45 p.m.	56	0	0	Estación Españolita		
19	12:48 p.m.	0	56	0	Estación Temprana Piedecuesta		
TOTALES			256	256			
		METROLINEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
ELABORÓ	NOMBRE: Sara Chapeta			FIRMA:		FECHA:	
REVISÓ	NOMBRE:			FIRMA:		FECHA:	


Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Recorrido 7 – T3

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO							
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	04:55 a.m.	Localización:		Hoja:	1
Día:	Miércoles	Hora Final:	07:42 p.m.			De:	1
Ruta Nº: T3		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA					
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 48	Empresa: _____			Recorrido 7	
Hora Salida: 12:50 pm		Hora Llegada: 1:43 pm		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA			
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN		
1	12:50 p.m.	18	0	18	Estación Temprana Piedecuesta		
2	12:53 p.m.	19	0	1	Estación Españolita		
3	12:56 p.m.	21	0	2	Estación Palmichal		
4	12:58 p.m.	21	0	0	Estación Estancia		
5	01:00 p.m.	27	2	8	Estación Lagos		
6	01:02 a.m.	30	6	9	Estación Cañaveral		
7	01:05 p.m.	29	11	10	Estación Provenza vagón norte		
8	01:10 p.m.	21	8	0	Estación Rosita vagón norte		
9	01:11 p.m.	14	14	7	Estación Chorreras vagón norte		
10	01:12 p.m.	17	5	8	Estación San Mateo vagón norte		
11	01:14 p.m.	18	1	2	Estación Quebradaseca		
12	01:19 p.m.	20	0	2	Estación Rosita vagón norte		
13	01:26 p.m.	28	5	13	Estación Provenza vagón norte		
14	01:29 p.m.	28	4	4	Estación Cañaveral		
15	01:30 p.m.	26	6	4	Estación Lagos		
16	01:34 p.m.	23	3	0	Estación Estancia		
17	01:35 p.m.	12	12	1	Estación Palmichal		
18	01:40 p.m.	12	0	0	Estación Españolita		
19	01:43 p.m.	0	12	0	Estación Temprana Piedecuesta		
TOTALES			89	89			
		METROLINEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
ELABORÓ	NOMBRE: Sara Chapeta		FIRMA:		FECHA:		
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Recorrido 11 – T3

ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE TRANSPORTE PÚBLICO						
Fecha: (D.M.A.)	22/03/2017	Hora Inicio:	04:55 a.m.	Localización:		Hoja: 1
Día:	Miércoles	Hora Final:	07:42 p.m.			De: 1
Ruta Nº: T3		Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA				
Tipo Vehículo: ARTICULADO		Nº Asientos: 48	Empresa: _____		Recorrido 11	
Hora Salida: 5:38 pm			Hora Llegada: 6:36 pm		Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA	
#	HORA	PASAJEROS QUE VAN A BORDO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	DIRECCIÓN	
1	05:38 p.m.	18	0	18	Estación Temprana Piedecuesta	
2	05:42 p.m.	17	1	0	Estación Españolita	
3	05:45 p.m.	31	1	15	Estación Palmichal	
4	05:47 p.m.	34	0	3	Estación Estancia	
5	05:51 p.m.	45	2	13	Estación Lagos	
6	05:52 p.m.	84	8	47	Estación Cañaverall	
7	05:56 p.m.	61	38	15	Estación Provenza vagón norte	
8	06:00 p.m.	46	19	4	Estación Rosita vagón norte	
9	06:02 p.m.	70	17	41	Estación Chorreras vagón norte	
10	06:03 p.m.	79	13	22	Estación San Mateo vagón norte	
11	06:05 p.m.	79	11	11	Estación Quebradaseca	
12	06:11 p.m.	81	4	6	Estación Rosita vagón norte	
13	06:16 p.m.	72	22	13	Estación Provenza vagón norte	
14	06:20 p.m.	68	14	10	Estación Cañaverall	
15	06:22 p.m.	48	21	1	Estación Lagos	
16	06:27 p.m.	49	0	1	Estación Estancia	
17	06:29 p.m.	47	3	1	Estación Palmichal	
18	06:33 p.m.	46	1	0	Estación Españolita	
19	06:36 p.m.	0	46	0	Estación Temprana Piedecuesta	
TOTALES			221	221		
		METROLINEA			CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO	
ELABORÓ	NOMBRE: Sara Chapeta		FIRMA:		FECHA:	
REVISÓ	NOMBRE:		FIRMA:		FECHA:	

Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Resumen de los datos recolectados por ruta

Tabla 26. Atributos T1

CÁLCULO DE ATRIBUTOS DE LA RUTA T1													
TIEMPO RECORRIDO	RECORRIDO	DISTANCIA [Km]	DEMANDA [pax]	CICLO [min]	IPK	EFICIENCIA	TRAMO	VEL. COMERCIAL [Km/Hr]	VEL. OPERACIONAL [Km/Hr]	DESEMPEÑO %	CARGA MAXIMA [Pax/min]	INTERVALO [min/Und]	FLOTA [Und]
05:50 - 06:50	R1	35	208	62	6	OPTIMO	TEMP-PRO	36	39	92%	31	5,08	12
							ISLA-ISLA	25	29	84%			
							PRO-TEMP	39	45	86%			
06:55 - 07:55	R2	35	284	62	8	CONSOLIDADO	TEMP-PRO	36	44	81%	38	4,23	15
							ISLA-ISLA	21	29	71%			
							PRO-TEMP	44	56	79%			
08:00 - 08:50	R3	35	182	58	5	BUENO	TEMP-PRO	40	44	90%	30	5,25	11
							ISLA-ISLA	25	29	83%			
							PRO-TEMP	42	45	93%			
09:14 - 10:10	R4	35	266	58	8	CONSOLIDADO	TEMP-PRO	42	44	94%	33	4,80	12
							ISLA-ISLA	23	24	96%			
							PRO-TEMP	42	44	97%			
10:38 - 11:30	R5	35	201	54	6	OPTIMO	TEMP-PRO	44	44	99%	23	6,86	8
							ISLA-ISLA	23	24	96%			
							PRO-TEMP	49	56	88%			
11:47 - 12:50	R6	35	232	63	7	CONSOLIDADO	TEMP-PRO	36	44	81%	22	7,25	9
							ISLA-ISLA	25	37	66%			
							PRO-TEMP	37	44	84%			
13:26 - 14:20	R7	35	261	61	7	CONSOLIDADO	TEMP-PRO	38	44	86%	32	5,04	12
							ISLA-ISLA	23	29	79%			
							PRO-TEMP	40	42	97%			
14:36 - 15:30	R8	35	211	57	6	OPTIMO	TEMP-PRO	38	44	85%	22	7,39	8
							ISLA-ISLA	26	29	89%			
							PRO-TEMP	44	44	101%			
15:45 - 16:40	R9	35	191	60	5	BUENO	TEMP-PRO	40	44	89%	20	7,88	8
							ISLA-ISLA	23	29	79%			
							PRO-TEMP	40	71	57%			
16:57 - 17:50	R10	35	414	61	12	CONSOLIDADO	TEMP-PRO	40	44	89%	31	5,17	12
							ISLA-ISLA	23	29	79%			
							PRO-TEMP	39	44	89%			
18:32 - 19:20	R11	35	184	55	5	BUENO	TEMP-PRO	50	44	113%	28	5,67	10
							ISLA-ISLA	23	24	96%			
							PRO-TEMP	42	54	79%			
19:31 - 20:20	R12	35	149	58	4	ACEPTABLE	TEMP-PRO	42	44	95%	14	11,60	5
							ISLA-ISLA	25	24	102%			
							PRO-TEMP	40	45	89%			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7 Atributos T3

CÁLCULO DE ATRIBUTOS DE LA RUTA T3													
TIEMPO RECORRIDO	RECORRIDO	DISTANCIA [Km]	DEMANDA [pax]	CICLO [min]	IPK	EFICIENCIA	TRAMO	VEL. COMERCIAL [Km/Hr]	VEL. OPERACIONAL [Km/Hr]	DESEMPEÑO %	CARGA MAXIMA [Pax/min]	INTERVALO [min/Und]	FLOTA [Und]
5:50 - 6:45	R1	35	226	55	6	OPTIMO	TEM - PRO	47	49	96%	33	4,83	11
							ROS - ROS	25	28	87%			
							PRO - TEM	41	48	84%			
6:54 - 7:55	R2	35	336	61	10	CONSOLIDADA	TEM - PRO	36	38	95%	37	4,32	14
							ROS - ROS	19	22	90%			
							PRO - TEM	47	53	89%			
8:15 - 9:10	R3	35	215	55	6	OPTIMO	TEM - PRO	47	48	97%	26	6,26	9
							ROS - ROS	23	24	94%			
							PRO - TEM	43	49	87%			
9:23 - 10:15	R4	35	248	52	7	CONSOLIDADA	TEM - PRO	47	52	90%	34	4,77	11
							ROS - ROS	25	28	88%			
							PRO - TEM	47	47	100%			
10:31 - 11:2	R5	35	213	54	6	OPTIMO	TEM - PRO	44	48	91%	25	6,44	8
							ROS - ROS	23	28	82%			
							PRO - TEM	47	49	96%			
11:42 - 12:4	R6	35	256	66	7	CONSOLIDADA	TEM - PRO	42	48	86%	27	6,01	11
							ROS - ROS	18	30	58%			
							PRO - TEM	36	39	93%			
12:50 - 13:4	R7	35	89	53	3	REGULAR	TEM - PRO	53	63	84%	14	11,10	5
							ROS - ROS	26	31	85%			
							PRO - TEM	39	47	84%			
14:00 - 15:0	R8	35	302	65	9	CONSOLIDADA	TEM - PRO	38	38	99%	28	5,67	11
							ROS - ROS	19	21	94%			
							PRO - TEM	38	39	97%			
15:12 - 16:1	R9	35	283	63	8	CONSOLIDADA	TEM - PRO	42	48	87%	28	5,67	11
							ROS - ROS	20	28	74%			
							PRO - TEM	36	39	93%			
16:35 - 17:3	R10	35	267	62	8	CONSOLIDADA	TEM - PRO	38	39	98%	32	4,97	12
							ROS - ROS	28	39	73%			
							PRO - TEM	34	38	87%			
17:38 - 18:3	R11	35	221	58	6	OPTIMO	TEM - PRO	44	48	92%	27	5,87	10
							ROS - ROS	25	33	75%			
							PRO - TEM	38	39	96%			
18:44 - 19:4	R12	35	269	58	8	CONSOLIDADA	TEM - PRO	47	52	89%	28	5,61	10
							ROS - ROS	20	24	86%			
							PRO - TEM	41	49	83%			

Fuente: Elaboración propia

Anexo D. Segundo aforo

1. Estimación del tiempo de aceleración y desaceleración del vehículo

Para estimar los tiempos de aceleración y desaceleración del vehículo se contabilizó el tiempo que le toma frenar hasta detenerse en la puerta de la estación y arrancar de nuevo hasta alcanzar una velocidad constante. Los datos son estimados y medidos con un cronometro sencillo. Estas medidas se hicieron en un vehículo articulado y se tomaron los tiempos en diferentes estaciones, finalmente se toma el promedio de los tiempos para usarlos en la ecuación de la velocidad operacional respectivamente.

Tabla 28. Tiempo de aceleración y desaceleración en vehículo articulado

TIEMPOS DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN		
Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA (T1 y T3)		
Tipo Vehículo: ARTICULADO		
Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA		
TIEMPO DE DESACELERACIÓN [seg]	TIEMPO DE ACELERACIÓN [seg]	DIRECCIÓN
-	13	Estación Temprana Piedecuesta
10,27	13	Estación Españolita
11,25	12,16	Estación Palmichal
10	13,65	Estación Estancia
10,42	14	Estación Lagos
-	13,5	Estación Cañaveral
10,32	14	Estación Provenza vagón norte
7,5	15	Estación Diamante
-	10,45	Estación La Isla
7	9,41	Estación Rosita vagón norte
10,23	-	Estación Chorreras vagón norte
8	10	Estación San Mateo vagón norte
12	9	Estación Quebradaseca
-	8,84	Estación San Mateo vagón norte
9,27	11,6	Estación Chorreras vagón norte
6	14	Estación Rosita vagón norte
8,25	11,21	Estación La Isla
9	14,6	Estación Diamante
9	15	Estación Provenza vagón norte
10	12,5	Estación Cañaveral
11	14,3	Estación Lagos
11	15,5	Estación Estancia
9,47277778	12,60571429	Promedio

Fuente: Elaboración propia

2. Estimación de tiempo de atención en la parada

El tiempo de atención en la parada es directamente proporcional a la cantidad de personas que suben al vehículo. Para estimar una función lineal que modelara este comportamiento se realizó la medición del tiempo de espera en la parada y el conteo de cuantas personas suben y bajan del vehículo articulado por las puerta de la parte delantera, como se observa en la Tabla 29.

Tabla 29. Tiempos de espera en la parada – Rutas troncales

TIEMPOS DE ESPERA EN LA PARADA			
Nombre de la Ruta: ESTACIÓN TEMPRANA - QUEBRADASECA (T1 y T3)			
Tipo Vehículo: ARTICULADO			
Terminal de salida: ESTACIÓN TEMPRANA			
TIEMPO DE ESPERA EN LA PARADA [seg]	ASCENSO DE PASAJEROS	DESCENSO DE PASAJEROS	DIRECCIÓN
21	20	0	Estación Temprana Piedecuesta
19,27	1	0	Estación Españolita
15,61	3	0	Estación Palmichal
12	0	0	Estación Estancia
16	9	4	Estación Lagos
23,34	14	5	Estación Cañaverál
32	16	2	Estación Provenza vagón norte
13,44	1	0	Estación Diamante
12	8	4	Estación La Isla
16	0	3	Estación Rosita vagón norte
29,3	5	22	Estación Chorreras vagón norte
26	0	21	Estación San Mateo vagón norte
19	5	3	Estación Quebradaseca
16,22	4	0	Estación San Mateo vagón norte
14,5	6	0	Estación Chorreras vagón norte
17	3	2	Estación Rosita vagón norte
15,61	3	1	Estación La Isla
16,16	0	6	Estación Diamante
22	7	6	Estación Provenza vagón norte
30	3	7	Estación Cañaverál
22	0	4	Estación Lagos
13	0	0	Estación Estancia

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se hace una regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados para calcular una ecuación lineal de la forma $y = x * m + b$ que se ajuste a los valores encontrados y permita estimar el tiempo de espera en la parada para cualquier cantidad de pasajeros que aborden la unidad

transportadora. Se considera que el tiempo de espera en la parada es proporcional a la cantidad de pasajeros que suben al vehículo. Para calcular la pendiente de la recta se usa la ecuación (1)

$$m = \frac{\sum x * y - \frac{\sum x * \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad (1)$$

Dónde:

$n =$ Número de puntos encontrados

El punto de corte con el eje y se calcula con la ecuación (2)

$$b = \frac{\sum y - m * \sum x}{n} \quad (2)$$

Se calculan las sumatorias necesarias (ver Tabla 30) para reemplazar en las ecuaciones, teniendo en cuenta que y es el tiempo de espera en la parada en segundo y x son la cantidad de pasajeros que abordan el vehículo

Tabla 30. Datos y sumatorias para aplicar al método de los mínimos cuadrados

Dato	x	y	xy	x^2
1	0	12	0	0
2	0	13	0	0
3	1	13,44	13,44	1
4	1	19,27	19,27	1
5	2	15,61	31,22	4
6	2	16	32	4
7	2	15,61	31,22	4
8	2	16,22	32,44	4
9	2	22	44	4

10	3	17	51	9
11	3	14,5	43,5	9
12	3	16,16	48,48	9
13	4	19	76	16
14	5	20	100	25
15	6	21	126	36
16	7	16	112	49
17	7	22	154	49
18	9	25	225	81
19	10	23,34	233,4	100
20	10	21	210	100
21	11	26	286	121
22	14	29,3	410,2	196
Sumatorias	104	413,45	2279,17	822

Fuente: Elaboración propia

Al reemplazar las ecuaciones (1) y (2) se obtiene:

$$m = \frac{2279,17 - \frac{104 * 413,45}{22}}{822 - \frac{(104)^2}{22}} = 0,9828$$

$$b = \frac{413,45 - 0,9828 * 104}{22} = 14,147$$

$$y = 0,9828 * x + 14,147$$

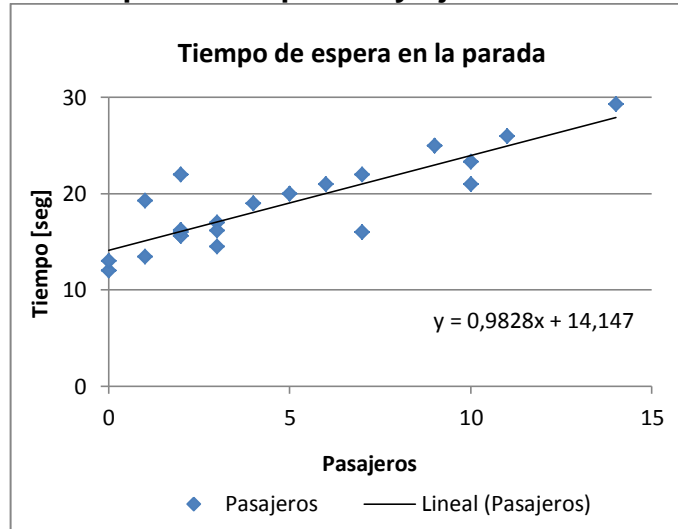
Dónde:

$y =$ Tiempo de espera en la parada [seg]

$x =$ Pasajeros que abordan el vehículo (P_a en el texto)

Posteriormente se hace una gráfica de los tiempos contra las personas (ver Gráfica 1) y de la recta obtenida con la regresión.

Gráfica 1. Tiempo de espera en la parada y ajuste lineal



Fuente: Elaboración propia

Ésta ecuación funciona para una sola puerta, debido a que el vehículo tiene cuatro puertas se modifica la ecuación de forma tal que los pasajeros que ascienden al vehículo se repartan equitativamente en las cuatro puertas, por lo tanto la variable x se divide en cuatro quedando así:

$$y = 0,9828 * \frac{x}{4} + 14,147 = 0,2457 * x + 14,147$$

Anexo E. Detalle del análisis preliminar económico

1. Longitud de viaje en alimentadores APD

Como parte del análisis preliminar económico de las rutas troncales se debe tener en cuenta los alimentadores que entregan los pasajeros directamente a las rutas en la Estación Temprana de Piedecuesta, para esto se tienen en cuenta el promedio de todas las longitudes de recorrido de los alimentadores, ver Tabla 30.

Tabla 30. Longitudes de recorrido alimentadores APD

Ruta	Ida [km]	Vuelta [km]
APD1	1,6	1,7
APD2	6,8	4,7
APD4	2,5	2,9
APD6	5,2	6,1
APD7	3,9	6,1
APD8	1,8	1,2
Promedio	3,71	

Fuente: Elaboración propia

2. Distribución de las longitudes de viaje

Con la información anterior, se hace la relación entre las longitudes de viaje de los alimentadores y el troncal para calcular la distribución porcentual. Ver Tabla 31.

Tabla 31. Longitudes de viaje

Estación	Longitud [km]			Participación Rutas troncales
	T	APD	Total	
Lagos	10,09	3,71	13,80	73 %
Cañaveral	10,87	3,71	14,58	75 %
Provenza	13,22	3,71	16,93	78 %
Chorreras	17,03	3,71	20,74	82 %
			Promedio	77 %

Fuente: Elaboración propia

Esto se calcula de la siguiente manera. Sumando las longitudes de viaje en el T y el APD se obtiene una longitud total del viaje que equivale al 100 %. Seguidamente se estima que porcentaje corresponde a cada tipo de vehículo. A continuación se muestra el cálculo tipo de la Estación Lagos.

$$\frac{10,09}{13,80} * 100 = 73 \% \text{ y } \frac{3,71}{13,80} * 100 = 27 \%$$

3. Comparación económica

Como se explica en el artículo el aporte por pasajero a las rutas troncales es el 77 % de la fracción del pasaje destinada a cubrir la operación (\$ 1.176,40) que debe compararse con el costo de operación por kilómetro del articulado (\$ 5.630,97). A continuación se muestran en las Tablas 32 y 33 los valores que se obtuvieron para cada ruta y recorrido respectivamente, los cuales se grafican y exponen en el artículo en las Gráficas 8 y 9.

Tabla 32. Análisis económico – Ruta T1

RUTA T1			PICO	INGRESOS	VALLE	INGRESOS	PROMEDIO	INGRESOS
ESTACIÓN	DISTANCIA [Km]	COSTO	PASAJEROS	77%	PASAJEROS	77%	PASAJEROS	77%
Temprana Piedecuesta	0,00	\$0,00	43	\$50.585	15	\$17.646	42	\$49.409
Campo Alegre	3,39	\$19.083,36	16	\$69.383	1	\$18.822	3	\$52.938
Menzuly	6,27	\$35.311,81	6	\$76.432	0	\$18.822	1	\$54.114
Lagos	10,07	\$56.686,97	26	\$106.978	8	\$28.234	20	\$77.642
Cañaveral	10,89	\$61.295,92	45	\$159.847	14	\$44.703	24	\$105.876
Payador	12,52	\$70.474,41	10	\$171.596	2	\$47.056	8	\$115.287
Provenza vagón norte	13,22	\$74.438,61	29	\$205.666	8	\$56.467	20	\$138.815
La Isla	15,49	\$87.249,06	19	\$227.989	8	\$65.878	9	\$149.403
Chorreras	17,03	\$95.870,08	60	\$298.480	15	\$83.524	20	\$172.931
San Mateo	17,28	\$97.277,82	49	\$356.048	14	\$99.994	20	\$196.459
Quebradaseca	17,70	\$99.642,83	33	\$394.819	17	\$119.993	13	\$211.752
La Isla	20,18	\$113.658,31	9	\$405.392	13	\$135.286	19	\$234.103
Provenza vagón norte	22,47	\$126.525,08	29	\$439.463	16	\$154.108	19	\$256.455
Payador	23,17	\$130.489,28	3	\$442.988	2	\$156.461	3	\$259.984
Cañaveral	24,81	\$139.724,07	18	\$464.135	9	\$167.049	8	\$269.395
Estación Lagos	25,63	\$144.333,02	18	\$485.283	6	\$174.107	3	\$272.924
Menzuly	29,43	\$165.708,19	0	\$485.283	1	\$175.283	0	\$272.924
Campo Alegre	32,30	\$181.880,33	1	\$486.458	0	\$175.283	0	\$272.924
Temprana Piedecuesta	35,00	\$197.083,95	0	\$486.458	0	\$175.283	0	\$272.924
Ganancias			414	\$289.373,61	149	-\$21.800,60	232	\$75.840,46

Fuente. Elaboración propia

Tabla 33. Análisis económico – Ruta T3

RUTA T3			PICO	INGRESOS	VALLE	INGRESOS	PROMEDIO	INGRESOS
ESTACIÓN	DISTANCIA [Km]	COSTO	PASAJEROS	77%	PASAJEROS	77%	PASAJEROS	77%
Temprana	0,00	\$0,00	90	\$105.876	18	\$21.175	42	\$49.409
Españolita	2,39	\$19.083,36	1	\$107.052	1	\$22.352	2	\$51.762
Palmichal	5,57	\$35.311,81	3	\$110.581	2	\$24.704	9	\$62.349
Estancia	7,12	\$56.686,97	4	\$115.287	0	\$24.704	2	\$64.702
Lagos	10,10	\$61.295,92	56	\$181.165	8	\$34.116	23	\$91.759
Cañaverall	10,88	\$70.474,41	49	\$238.809	9	\$44.703	28	\$124.698
Provenza	13,22	\$74.438,61	36	\$281.159	10	\$56.467	22	\$150.579
Rosita	16,33	\$87.249,06	14	\$297.629	0	\$56.467	4	\$155.285
Chorreras	17,03	\$95.870,08	9	\$308.216	7	\$64.702	26	\$185.871
San Mateo	17,28	\$97.277,82	7	\$316.451	8	\$74.113	20	\$209.399
Quebradase	17,70	\$99.642,83	11	\$329.392	2	\$76.466	14	\$225.868
Rosita	19,36	\$113.658,31	13	\$344.685	2	\$78.819	10	\$237.632
Provenza	22,47	\$126.525,08	33	\$383.506	13	\$94.112	27	\$269.395
Cañaverall	24,81	\$130.489,28	6	\$390.564	4	\$98.817	11	\$282.336
Lagos	25,59	\$139.724,07	4	\$395.270	4	\$103.523	4	\$287.041
Estancia	28,57	\$144.333,02	0	\$395.270	0	\$103.523	1	\$288.218
Palmichal	30,12	\$165.708,19	0	\$395.270	1	\$104.699	1	\$289.394
Españolita	33,30	\$181.880,33	0	\$395.270	0	\$104.699	0	\$289.394
Temprana	35,00	\$197.083,95	0	\$395.270	0	\$104.699	0	\$289.394
Ganancias			336	\$198.185,88	89	-\$92.384,50	246	\$92.310,03

Fuente. Elaboración propia