

**ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS EN EL SISTEMA DE
TRANSPORTE MASIVO METROLÍNEA, APLICADA A LAS RUTAS AP1, AB2, P8,
P10, T1, T3.**

JORGE ALEXANDER LEÓN SAAVEDRA

YEISON RODRIGUEZ RAMIREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

**ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS EN EL SISTEMA DE
TRANSPORTE MASIVO METROLÍNEA, APLICADA A LAS RUTAS AP1, AB2, P8,
P10, T1, T3.**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL
TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
MODALIDAD INVESTIGACIÓN**

Director

LUIS DAVID ARÉVALO DURÁN

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

A mis padres Anselmo León Tolosa y Gladys Saavedra García por el apoyo incondicional, por ser mi ejemplo a seguir y por acompañarme a terminar esta etapa de forma exitosa, por su paciencia y compañía en los momentos difíciles, gracias por creer en mí y por tanto sacrificio y esfuerzo.

A Luis Fernando y Laura Mayerli, mis hermanos que siempre han sido mi motivación para que tengan un ejemplo a seguir, gracias por su apoyo y por regalarme tantas alegrías.

A mi amigo y compañero de proyecto Yeison Rodríguez Ramírez por el apoyo, dedicación y esfuerzo para poder culminar la investigación. Gracias por su amistad durante todos estos años de estudio.

JORGE ALEXANDER LEÓN SAAVEDRA

Agradezco a Dios, por permitirme desarrollar y culminar exitosamente esta etapa de mi vida.

A mi padrastro Juan Agustín Ramírez y mi madre Dominga Rodríguez Ramírez, por estar en mis momentos difíciles, y acompañarme en esta etapa tan importante para mí.

A mis familiares por el cariño y apoyo que me dieron durante todos estos años.

A Jorge Alexander León Saavedra, mi amigo y compañero de proyecto, por todo el empeño y disciplina que depositó en la realización de este proyecto. Gracias por todos estos años compartidos.

YEISON RODRÍGUEZ RAMÍREZ

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas aquellas personas quienes nos apoyaron, orientaron e hicieron parte de éste logro.

Agradecer al Ingeniero Luis David Arévalo Durán, Director de proyecto, por su gran apoyo y acompañamiento a lo largo de todo el proceso de aprendizaje y el desarrollo de esta investigación.

A la Ingeniera Sandra Milena Cote Vargas, Co-Directora de proyecto, por su orientación y asesoría en los temas de investigación y el tiempo que dedicó para poder atender nuestras inquietudes.

A la Universidad Industrial de Santander, por acogernos como estudiantes durante este tiempo y haber contribuido con nuestra formación personal, ética y profesional. Nuestros más sinceros agradecimientos.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	15
1. JUSTIFICACIÓN	17
2. MARCO TEORICO	19
2.1 DEFINICIONES	20
2.1.1 velocidad de recorrido	20
2.1.2 velocidad en marcha	20
2.1.3 Pasajeros movilizados	20
2.1.4 Pasajeros validados	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	22
4.1 TOMA DE DATOS Y REGISTRO DE TIEMPOS Y DISTANCIAS.	22
5. CLASIFICACIÓN DE VELOCIDADES COMERCIALES DE ACUERDO AL TIPO DE RUTA.	24
5.1 SIMBOLIZACIÓN DE LAS RUTAS Y VELOCIDADES EN MARCHA.	25
6. ANÁLISIS DE TIEMPOS, DEMORAS Y NIVEL DE SERVICIO OBSERVADO.	26
6.1 CAUSAS DE LAS DEMORAS PRESENTADAS.	27
6.2 TIEMPOS DE RETRASO O DEMORAS.	27
6.3 BUSES ARTICULADOS T1 Y T3.	28
6.4 BUSES PADRONES P8 Y P10.	32
6.5 BUSES ALIMENTADORES AP1 Y AB2.	40
7. CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Tipología de bus alimentador.	19
Figura 2. Tipología de bus padrón.	19
Figura 3. Tipología de bus articulado.	19
Figura 4. Itinerario de paradas y velocidades.	25

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Capacidad teórica en corredores de transporte público.	24
Tabla 2. Niveles de servicio en vías interurbanas.	28
Tabla 3. Tiempos de demora para la ruta T1	29
Tabla 4. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta T1.	29
Tabla 5. Tiempos de demora para la ruta T3.	31
Tabla 6. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta T3.	32
Tabla 7. Velocidades y niveles de servicio para las seis rutas en estudio.	33
Tabla 8. Tiempos de demora de las seis rutas en estudio.	34
Tabla 9. Tiempos de demora para la ruta P8.	35
Tabla 10. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta P8.	36
Tabla 11. Tiempos de demora para la ruta P10.	38
Tabla 12. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta P10.	38
Tabla 13. Tiempos por demoras del día sábado para la ruta AP1.	42
Tabla 14. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta AP1.	42
Tabla 15. Tiempos por demoras del día sábado para la ruta AB2.	44
Tabla 16. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta AB2.	45

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág
Ilustración 1. Simbolización de la ruta T1 para el día miércoles.	26
Ilustración 2. Simbolización de la ruta T3 para el día miércoles y jueves.	32
Ilustración 3. Tramo representativo de la ruta P8 para los días miércoles y jueves.	36
Ilustración 4. Tramo representativo de la ruta P10 para los días miércoles y jueves.	39
Ilustración 5. Tramos representativos de la ruta AP1 para los días miércoles y jueves.	41
Ilustración 6. Tramo representativo de la ruta AB2 para los días miércoles y jueves.	44

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág
Fotografía 1. Recolección de datos.	23
Fotografía 2. Instrumentos utilizados para la toma y registro de datos de tiempos y distancias.	23

RESUMEN

Título: ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO METROLÍNEA, APLICADA A LAS RUTAS AP1, AB2, P8, P10, T1, T3.

AUTORES: JORGE ALEXANDER LEÓN SAAVEDRA
YEISON RODRIGUEZ RAMIREZ

Palabras clave: Tiempos, Demoras, velocidad, rutas.

El sistema integrado de transporte masivo Metrolínea ha venido presentando insatisfacción en los usuarios debido a que se presentan demoras en las diferentes rutas. Con el propósito de contribuir al logro de información al sistema integrado de transporte masivo para el mejoramiento del mismo, se realiza un estudio de los tiempos y las demoras presentadas, aplicadas a algunas rutas del sistema (T1, T3, P10, P8, AP1, AB2). Para ello se escogieron los días miércoles y jueves en la hora pico de la tarde, y el día sábado en la hora pico de la mañana como días representativos. Se tomaron tiempos de marcha, de recorrido y las distancias respectivas a cada ruta. Se simbolizaron las rutas y las velocidades de marcha por medio del programa ArcGIS, teniendo una visualización de lo que se está presentando en el sistema. En cada ruta se simbolizaron dos días, el día sábado y el más crítico entre miércoles y jueves. Se evidencia que las rutas que no tienen carril exclusivo presentan mayores demoras en tiempos de viaje y que las rutas no cumplen sus velocidades respectivas de diseño encontradas en los documentos CONPES, ya que existen tramos en los cuales las rutas tienen un alto índice de demoras por congestión.

* Trabajo de grado

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

ABSTRACT

TITLE: STUDY OF TIMES OF TOUR AND DELAYS IN THE SYSTEM OF MASSIVE TRANSPORT METROLÍNEA, APPLIED TO THE ROUTES AP1, AB2, P8, P10, T1, T3.

AUTHORS: JORGE ALEXANDER LEÓN SAAVEDRA
YEISON RODRIGUEZ RAMIREZ

KEYWORDS: time, delays, speed, routs.

The integrated mass transit system has been presenting Metrolínea dissatisfaction among users because delays occur on different routes. In order to contribute to achieving information to the Integrated mass transit system for improving the same, a study was conducted of time and delays submitted, applied to some system routes (T1, T3, P10, P8, AP1, AB2). For this They were chosen Wednesday and Thursday in the afternoon rush hour, and on Saturday morning in the rush hour as representative days. travel and respective distances of each route. Paths and travel speeds were symbolized through the ArcGIS program, with the visualization of what is presented in the system. In each route they were symbolized two days, the Saturday and the most critical day between Wednesday and Thursday. They showed routes that do not have exclusive lane that have additional delays in travel times and that the routes do not meet their design speeds found in the CONPES documents, as there are sections in which routes have a high rate of congestion.

* Degree Work

* Faculty of Phisical-Mechanicals Engineering. School of Civil Engineering. Director: Luis David Arévalo Durán.

INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana ha sido uno de los temas que de manera recurrente ha afectado al ciudadano en su quehacer diario y que repercute e impacta la gestión de los ciudadanos en el área metropolitana de Bucaramanga, lo que conlleva a deliberar sobre los factores que inciden a la decreciente velocidad, que se manifiesta en el sistema transporte masivo Metrolínea.

La implementación de un proyecto eficiente, en beneficio de la sociedad, sostenible y además amigable con el ambiente, es un logro importante para el desarrollo de cualquier ciudad que desea crecer y ser competitiva. La puesta en marcha del SITM para Bucaramanga y su área metropolitana, puede potenciar hacia el progreso los cuatro municipios que la integran.

Partiendo de un proceso de planeación establecida en los documentos Conpes para Metrolínea que condujeron a la construcción de infraestructura, selección de concesionarios, ente Gestor, operadores y recaudo, entre otros; entra en operación el sistema el día 28 de Febrero de 2010, haciendo uso de tres tipologías de bus; alimentador, padrón y articulado, de los cuales el sistema alimentador es el encargado de llevar a los usuarios a las principales estaciones, para la integración correspondiente a los buses que recorren las vías más importantes de la ciudad.

La idea inicial del sistema es que la alimentación tuviese recorridos eficientes y un área de cobertura lo suficientemente grande para facilitar a los usuarios el rápido y cómodo transporte a los principales portales. Actualmente, existen rutas con recorridos muy largos, no llevan la cantidad esperada de pasajeros y las velocidades de operación presentan relaciones de demora, que perjudican a los usuarios.

En estudios realizados por la Universidad Industrial de Santander sobre la forma como viajan los usuarios del transporte público, y que fueron publicados recientemente por el diario Vanguardia Liberal, se hace evidente que el sistema está generando pérdidas por falta de demanda y cobertura, pues al no tener la totalidad de las rutas compite con el transporte informal existente, y a diferencia de lo que se esperaba, la demanda no cumple las expectativas y aunque ha habido un aumento

paulatino a través del tiempo, se ha venido a menos en los últimos meses del presente año.

El sistema tuvo inconvenientes en su implementación y hasta la fecha los ingresos no son suficientes para cubrir los costos que genera la operación que se paga por kilómetro recorrido, por lo que ha sido necesario que sea financiado por el municipio de Bucaramanga, ante la pobre colaboración de los demás municipios Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

La investigación que se presenta a continuación se realiza para medir las relaciones de demora en km/hora para las rutas (AP1, AB2, P8, P10, T1, T3) con el propósito de generar una base de datos que manifieste los problemas de congestión de cada una de esas rutas, teniendo como punto de comparación las velocidades ideales en sistemas urbanos que garantizan una buena movilidad para los usuarios del transporte público.

Este es el punto de partida a un análisis técnico, que permita conocer los presupuestos de viaje de las personas estimando las velocidades de operación prevalecientes, para un análisis comparativo con las velocidades ideales.

Para el estudio se tuvieron en cuenta aspectos como:

- Análisis de la información recopilada para una selección de rutas previamente determinadas.
- Procedimiento de campo por el método de “sube y baja de pasajeros”
- Estudio del manual de cálculo de tarifas del sistema estratégico de transporte público colectivo. DNP.
- Procesamiento de información proporcionada por la empresa Metrolínea S.A.

1. JUSTIFICACIÓN

Dentro de los siguientes tres aspectos surge la movilidad como una necesidad diaria en donde la persona o el individuo busca su propio medio de transporte, para que le genere los mejores beneficios. De ahí aparece el concepto de costo social de viaje, que implica para cada individuo su valor de desplazamiento en términos de costo y tiempo de viaje de manera distinta, por cuanto no solo es el valor de la tarifa, si no los tiempos de desplazamiento y tiempos de demora que representan gastos de los usuarios de distintos estratos sociales.

- 1) La propia necesidad del individuo, le obliga a desplazarse para buscar su empleo que le genere recursos para suplir sus necesidades.
- 2) La explosión demográfica que cada día constituye una emigración del campo a las ciudades, en busca de oportunidades.
- 3) El crecimiento del PIB per cápita, por la propia necesidad del individuo que requiere mejorar su estatus de vida y progresar dentro de la sociedad.

El transporte urbano de pasajeros ha generado externalidades negativas que se traducen entre otras, en mayores tiempos de viaje, debidos a la congestión vehicular, que obligaron al gobierno nacional a implementar los sistemas de transporte masivo. No obstante los buenos propósitos del gobierno, la implementación de los sistemas masivos de transporte fue por circunstancias ajenas, inferior a la formulación de los proyectos, generando como consecuencia la aparición del transporte informal y el incremento del uso del carro particular. La cobertura de los sistemas de transporte masivo no cumplió con las expectativas de los usuarios, generando como consecuencia malestar entre los mismos, teniendo que emigrar a otros sistemas de transporte como el transporte informal generalmente usado por los estratos más bajos.

En la formulación del proyecto Metrolínea, el trazado de rutas diseñadas para el SITM, se hicieron con base en la simulación de velocidades de operación, que en la práctica debían cumplirse, por lo menos para dar cierto cumplimiento a los tiempos de viaje de orígenes y destinos de los usuarios. Hoy día se percibe por

parte de los usuarios demoras en los tiempos de desplazamientos, originados probablemente por la congestión.

El presente proyecto, se justifica por la necesidad de detectar demoras en los tiempos de viaje, con base en las velocidades de operación, inicialmente programadas y las que hoy día se manifiestan en las rutas AP1, AB2, P8, P10, T1, T3.

2. MARCO TEORICO

Este proyecto de grado se realizó para buses alimentadores, padrones y articulados del sistema integrado de transporte masivo (SITM), en el área metropolitana de Bucaramanga (AMB). Esta tipología de buses tiene capacidad distinta de pasajeros.

A continuación se presenta una imagen correspondiente a la tipología.

Figura 1. Tipología de bus alimentador.



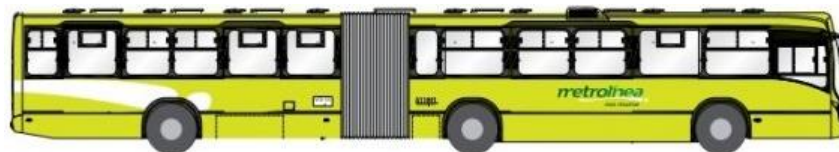
Fuente: <http://www.skyscrapercity.com>

Figura 2. Tipología de bus padrón.



Fuente: <http://www.skyscrapercity.com>

Figura 3. Tipología de bus articulado.



Fuente: <http://www.skyscrapercity.com>

2.1 DEFINICIONES

Se presentan las siguientes definiciones con el fin de comprender la terminología a tratar en esta investigación:

2.1.1 velocidad de recorrido: La velocidad de recorrido es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales, por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la ruta, como podría ser el correspondiente a gasolineras o desvíos ocasionales por alguna circunstancia.

2.1.2 velocidad en marcha: Es el resultado de dividir la distancia entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento.

2.1.3 Pasajeros movilizados: Son los pasajeros que usan el sistema alimentador pero no necesariamente pagan el pasaje para esta tipología, es decir, pueden venir de un transbordo sea del padrón o del articulado.

2.1.4 Pasajeros validados: Son los usuarios que usan y pagan el pasaje del sistema alimentador¹.

¹ INGENIERIA DE TRANSITO FUNDAMENTOS Y APLICACIONES, 8ª. Edición. Rafael cal y Mayor Reyes Spindola, James Cárdenas Grisales.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar mediante toma de información de campo, el comportamiento de las velocidades de operación de las rutas del sistema de transporte masivo Metrolínea, AP1, AB2, P8, P10, T1, T3, para detectar demoras de tiempos de viajes de los usuarios y sus causas.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una toma de información de campo, sobre las velocidades de operación y sube y baja de las rutas AP1, AB2, P8, P10, T1, T3.
- Con base en las velocidades de operación detectadas en campo, analizar los tiempos y demoras de viaje del SITM.
- Estructurar una base de datos de información que recopile los tiempos de recorrido y demoras de los usuarios del SITM, con base en información histórica de la formulación del proyecto.
- Elaborar un análisis comparativo de los tiempos calculados y las demoras presentadas, que sirva como fuente de consulta teórico-comparativa para futuros proyectos de movilidad.

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo en tres fases: i) Toma de datos en campo, ii) Clasificación de las velocidades comerciales para su respectiva simbolización iii) Análisis de resultados obtenidos de la toma de datos.

4.1 TOMA DE DATOS Y REGISTRO DE TIEMPOS Y DISTANCIAS.

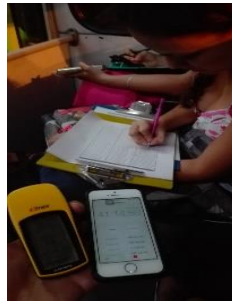
El estudio se le realiza a las rutas más críticas o representativas del sistema, según información entregada por el SITM. Este artículo se realiza con el propósito de identificar los factores negativos que inciden en la movilidad y generar una base de información que sirva como fuente para la formulación de nuevos proyectos de movilidad.

Durante los días miércoles, jueves y sábado, se tomaron datos por medio de GPS que se utiliza para medir distancias por tramos y total de recorrido, además de un cronómetro para recolectar información de tiempos en movimiento y de paradas. La hora establecida para realizar esta actividad se eligió teniendo en cuenta las horas de carga máxima de pasajeros. El tiempo empleado para el registro total de los datos tuvo una duración de seis semanas, (una semana por ruta). Se realizó la toma de datos por medio de cincuenta aforadores, que se distribuyeron para realizar labores de conteo de pasajeros, toma de tiempos y distancias.

Fotografía 1. Recolección de datos.



Fotografía 2. Instrumentos utilizados para la toma y registro de datos de tiempos y distancias.



Finalizada la etapa de toma de datos, se tabularon en un documento de Excel con el fin de agruparlos por ruta, donde con los tiempos y distancias encontradas en el trayecto total y por tramo, se calcularon las velocidades de recorrido y de marcha por medio de la ecuación (1).

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

En la tabla (1) se encuentran representados los valores de las velocidades comerciales para los buses articulados, padrones y alimentadores.

² INGENIERIA DE TRANSITO FUNDAMENTOS Y APLICACIONES, 8ª. Edición. Rafael cal y Mayor Reyes Spindola, James Cárdenas Grisales.

Tabla 1. Capacidad teórica en corredores de transporte público.

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

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

1. Con dos carriles por sentido, tipo TransMilenio en la Av Caracas.

2. Capacidad nominal unitaria de acuerdo con convoy convencional.

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

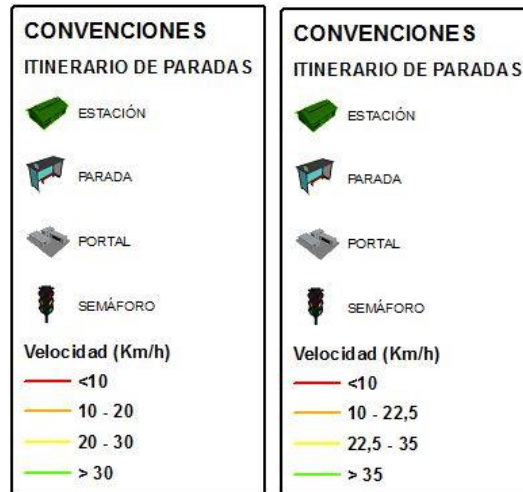
Los buses articulados (T1, T3) están representados con velocidades comerciales entre 10-35 Km/h, el padrón (P8) maneja velocidades comerciales entre 10-35 Km/h para carril exclusivo, en el carril compartido opera velocidades entre 10-30 Km/h así como las rutas (P10, AP1 y AB2).

5. CLASIFICACIÓN DE VELOCIDADES COMERCIALES DE ACUERDO AL TIPO DE RUTA.

Finalizado la tabulación y registro completo de los datos, se clasifican las velocidades de la siguiente manera: En color rojo las velocidades que están por debajo de 10 Km/h que representan congestionamiento en el tramo para todas las rutas. En color naranja las velocidades que están entre 10 - 22,5 Km/h, amarillo entre 22,5 – 35 y verde las velocidades mayores a 35 Km/h que representan una velocidad optima, es decir, para las rutas (T1, T3 y P8 con carril exclusivo), para carril compartido que son las rutas (P10, AP1, AB2 y P8), el color naranja representa

velocidades que están en el rango de 10 – 20 Km/h, amarillo de 20 – 30 Km/h y en color verde mayores a 30 Km/h.

Figura 4. Itinerario de paradas y velocidades.



5.1 SIMBOLIZACIÓN DE LAS RUTAS Y VELOCIDADES EN MARCHA.

Se simbolizaron las rutas y las velocidades de marcha por medio del programa ArcGIS, teniendo una visualización de lo que se está presentando en el sistema. En cada ruta se simbolizaron dos días, el día sábado y el más crítico entre miércoles y jueves.

A continuación en la ilustración (1) se puede observar la simbolización de la ruta T1.

Ilustración 1. Simbolización de la ruta T1 para el día miércoles.



Fuente: Elaborado en ArcGIS.

6. ANÁLISIS DE TIEMPOS, DEMORAS Y NIVEL DE SERVICIO OBSERVADO.

El cálculo de las demoras se le realiza a cada ruta los días (miércoles, jueves y sábado).

A la ruta P8 se le hizo análisis al carril compartido y exclusivo por aparte, debido a que las velocidades comerciales cambian para cada tipo de carril.

El nivel de servicio observado para los días de estudio por ruta, se determina teniendo en cuenta la tabla (2). Es de anotar que los NDS pueden llegar a ser calculados utilizando la metodología referente al HCM (Highway Capacity Manual).

6.1 CAUSAS DE LAS DEMORAS PRESENTADAS.

Las demoras se clasifican de la siguiente manera: Demoras por sube y baja de pasajeros, semáforos, congestión, paradas en intersecciones sin semáforo, y demoras por otros conceptos.

Los porcentajes de demora, se contabilizan teniendo en cuenta la sumatoria de los tiempos correspondientes a los tipos de demora de cada ruta. Esto permite realizar gráficas para visualizar mejor los resultados.

6.2 TIEMPOS DE RETRASO O DEMORAS.

Con los tiempos de diseño entregados por SITM, se calculan tiempos de demora. A los tiempos encontrados en campo se les resta el tiempo de diseño para encontrar el tiempo de retraso de la ruta. Para el tiempo del día típico se promedia miércoles y jueves, para el día atípico correspondiente al sábado, también se calcula el tiempo de demora.

Tabla 2. Niveles de servicio en vías interurbanas.

S.9	Niveles de servicio en vías interurbanas	
A	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de los vehículos es la que elige libremente cada conductor • Cuando un vehículo alcanza a otro más lento puede adelantarle sin sufrir demora • Condiciones de circulación libre y fluida 	
B	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de los vehículos más rápidos se ve influenciada por otros vehículos • Pequeñas demoras en ciertos tramos, aunque sin llegar a formarse colas • Circulación estable a alta velocidad 	
C	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad y la libertad de maniobra se hallan más reducidas, formándose grupos • Aumento de demoras de adelantamiento • Formación de colas poco consistentes • Nivel de circulación estable 	
D	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad reducida y regulada en función de la de los vehículos precedentes • Formación de colas en puntos localizados • Dificultad para efectuar adelantamientos • Condiciones inestables de circulación 	
E	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad reducida y uniforme para todos los vehículos, del orden de 40-50 km/h • Formación de largas colas de vehículos • Imposible efectuar adelantamientos • Define la capacidad de una carretera 	
F	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de largas y densas colas • Circulación intermitente mediante parones y arrancadas sucesivas • La circulación se realiza de forma forzada 	

Fuente: Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones. 8ª. Edición.

6.3 BUSES ARTICULADOS T1 Y T3.

El nivel de servicio no aplica para los buses articulados T1 y T3 porque tienen carril exclusivo, que supone la eliminación del congestionamiento.

La ruta T1 presenta una velocidad promedio de recorrido entre el miércoles y jueves de 24,26 Km/h con un tiempo de demora de 2,7 minutos, menor al día sábado que es de 3,61 minutos, con una velocidad de recorrido de 23,64 Km/h como podemos ver en las tablas (7) y (8). Esto se debe a que el sábado se demoró más tiempo dejando y recogiendo pasajeros como se puede ver en la tabla (3) y (4). En las gráficas (1) y (2), se presentan las causas respecto a sus tiempos totales de demora.

Tabla 3. Tiempos de demora para la ruta T1

RUTA T1	Miércoles y Jueves	Sábado
TIEMPO TOTAL DE DEMORAS	minutos	minutos
	12,31	15,30
DEMORAS POR SUBE Y BAJA DE PASAJEROS	minutos	minutos
	7,91	10,98
DEMORAS POR SEMÁFOROS	minutos	minutos
	4,40	4,32

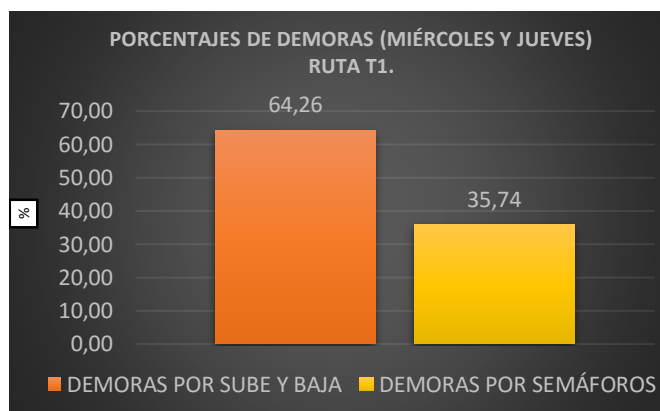
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta T1.

	SUBE	BAJA
Miércoles y Jueves	135	221
Sábado	289	261

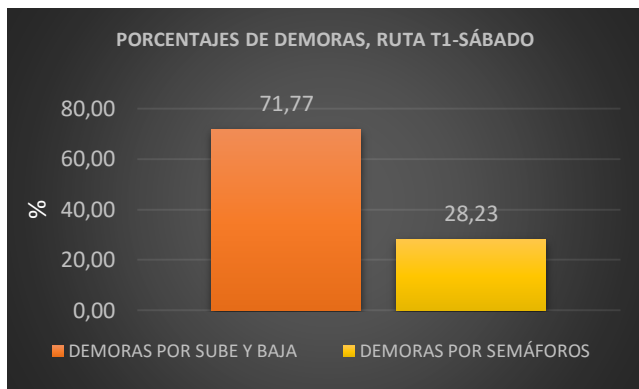
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 1. Porcentajes de demoras de los días miércoles y jueves de la ruta T1.



Fuente: Elaboración propia.

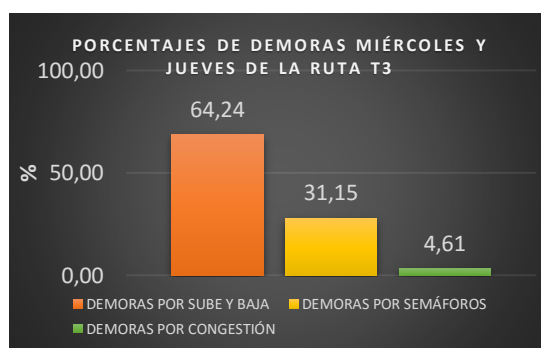
Gráfica 2. Porcentajes de demoras del día sábado para la ruta T1.



Fuente: Elaboración propia.

La ruta T3 presenta una velocidad promedio de recorrido entre el miércoles y jueves de 31,90 Km/h con un tiempo de demora de 8,72 minutos, mayor al día sábado que es de 6,54 minutos, con una velocidad de recorrido de 32,98 Km/h como podemos ver en las tablas (7) y (8).

Gráfica 3. Porcentajes de demoras de los días miércoles y jueves de la ruta T3.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Tiempos de demora para la ruta T3.

RUTA T3	Miércoles y Jueves	Sábado
TIEMPO TOTAL DE DEMORAS	minutos	minutos
	17,59	16,66
DEMORAS POR SUBE Y BAJA DE PASAJEROS	minutos	minutos
	11,30	11,22
DEMORAS POR SEMÁFOROS	minutos	minutos
	5,48	5,44
DEMORAS POR CONGESTIÓN	minutos	minutos
	0,81	0,0

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, el día sábado presenta menor tiempo de demora debido a que los días miércoles y jueves presentaron demoras por congestión en la glorieta de la quebrada seca y pasando el semáforo de la estación temprana Piedecuesta (ver ilustración 2). En las gráficas (3) y (4), se presentan las causas respecto a sus tiempos totales de demora.

El tiempo de demora presentado por sube y baja de pasajeros fue elevado debido a la alta cantidad de pasajeros que se subieron y se bajaron los días típicos y el día atípico (ver tabla 6).

Ilustración 2. Simbolización de la ruta T3 para el día miércoles y jueves.



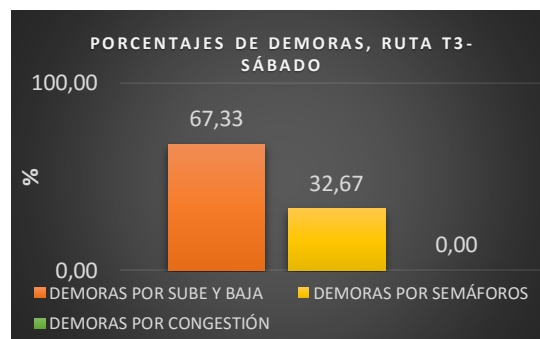
Fuente: Elaborado en ArcGIS.

Tabla 6. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta T3.

	Suben	Bajan
Miércoles y Jueves	210	204
Sábado	231	234

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 4. Porcentajes de demoras del día sábado para la ruta T3.



Fuente: Elaboración propia.

6.4 BUSES PADRONES P8 Y P10.

El nivel de servicio no aplica para la ruta P8 en algunos tramos porque tienen carril exclusivo, esto solo aplica en carriles compartidos. En los tramos que comparte

carril la ruta P8 se observa un nivel de servicio E-F (Tabla 7), especialmente los días miércoles y jueves en la carrera 33 con calle 48 de la ciudad de Bucaramanga, hasta el puente conucos donde el bus cambió de carril y deja de utilizar el compartido para tomar el exclusivo que va hasta la estación temprana Piedecuesta. Quiere decir que en el tramo nombrado anteriormente, hubo formación de largas y densas colas de vehículos, que impiden el adelantamiento y circulación normal. El día sábado tanto para el P8 como el P10, se observa un NDS C-D donde hubo aumento de demoras de adelantamiento, formación de colas poco consistentes y un nivel de circulación estable. El NDS observado para los días miércoles y jueves de la ruta P10 fue E-F donde presenta formación de largas colas de vehículos y en algunos es imposible efectuar adelantamientos (Tabla 2).

Tabla 7. Velocidades y niveles de servicio para las seis rutas en estudio.

VELOCIDADES DE OPERACIÓN, COMERCIALES Y NDS DE LOS BUSES ARTICULADOS, PADRONES Y ALIMENTADORES.			
RUTA	VELOCIDAD DE OPERACIÓN EN CAMPO [Km/h]	VELOCIDAD COMERCIAL [Km/h]	NDS Observado
T1 (miércoles y jueves)	24,26	35,00	No aplica
T1 (sábado)	23,64	35,00	No aplica
T3 (miércoles y jueves)	31,90	35,00	No aplica
T3 (sábado)	32,98	35,00	No aplica
P8 (miércoles y jueves) Carril exclusivo	32,06	35,00	No aplica
P8 (sábado) Carril exclusivo	33,95	35,00	No aplica
P8 (miércoles y jueves) carril compartido	15,27	30,00	E-F
P8 (sábado) carril compartido	19,53	30,00	C-D
P10 (miércoles y jueves)	14,62	30,00	E-F

P10 (sábado)	16,19	30,00	C-D
AP1 (miércoles y jueves)	11,28	30,00	E-F
AP1 (sábado)	14,26	30,00	C-D
AB2 (miércoles y jueves)	12,77	30,00	E-F
AB2 (sábado)	17,17	30,00	C-D

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Tiempos de demora de las seis rutas en estudio.

<i>TIEMPOS DE DEMORA PARA LOS BUSES ARTICULADOS, PADRONES Y ALIMENTADORES</i>			
RUTA	TIEMPO ENCONTRADO EN CAMPO [minutos]	TIEMPO DE DISEÑO [minutos]	TIEMPO DE DEMORA [minutos]
T1 (miércoles y jueves)	37,7	35,0	2,70
T1 (sábado)	38,6	35,0	3,61
T3 (miércoles y jueves)	66,72	58,0	8,72
T3 (sábado)	64,54	58,0	6,54
P10 (miércoles y jueves)	105,81	102,0	3,81
P10 (sábado)	96,00	102,0	-6,00
P8 (miércoles y jueves)	146,14	130,0	16,1
P8 (sábado)	116,80	130,0	-13,2
AP1 (miércoles y jueves)	41,735	35,0	6,7
AP1 (sábado)	32,99	35,0	-2,0
AB2 (miércoles y jueves)	114,02	104,0	10,0
AB2 (sábado)	91,88	104,0	-12,1

Fuente: Elaboración propia

La velocidad promedio de operación que presenta la ruta P8 en el carril exclusivo de los días miércoles y jueves es de 32,06 Km/h, mientras que en el carril compartido es de 15,27 Km/h con un tiempo de retraso de 16,1 minutos como se

puede observar en las tablas (7) y (8). Este tiempo de demora se debe a un tramo en específico donde se presenta un alto tiempo de demoras por semáforos, sube y baja de pasajeros y congestión como se puede observar en la tabla (9) y (10); que va desde la carrera 33 con calle 48 hasta el puente conucos donde el bus cambia de carril al exclusivo (ver ilustración 3). De ahí en adelante el bus aumenta su velocidad debido a que no presenta demoras por congestión, semáforos y paradas en intersecciones sin semáforo. En la gráfica (5) podemos observar las causas de manera porcentual para esta ruta.

El día sábado no presenta tiempo de demora, en este caso la ruta tuvo una ganancia de 13,2 minutos como podemos ver en la tabla (8). Esto se debe a que ese día en las horas de la mañana no hubo mucho tráfico, siendo bajo el tiempo de demoras por congestión y sube y baja de pasajeros en comparación de los días entre semana; también se debe al no presentar demoras por paradas en intersecciones sin semáforo y otros conceptos como se puede ver en la tabla (9). Las causas de las demoras se pueden ver representadas en la gráfica (6).

Tabla 9. Tiempos de demora para la ruta P8.

RUTA P8	Miércoles y Jueves	Sábado
TIEMPO TOTAL DE DEMORAS	minutos 46,81	minutos 33,52
DEMORAS POR SUBE Y BAJA	minutos 26,91	minutos 20,40
DEMORAS POR SEMÁFOROS	minutos 10,57	minutos 10,61
DEMORAS POR CONGESTIÓN	minutos 8,83	minutos 2,51

DEMORAS POR PARADAS EN INTERSECCIONES SIN SEMÁFORO	minutos	minutos
	0,45	0,0
DEMORAS POR OTROS CONCEPTOS	minutos	minutos
	0,05	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta P8.

	Suben	Bajan
Miércoles y Jueves	216	207
Sábado	149	180

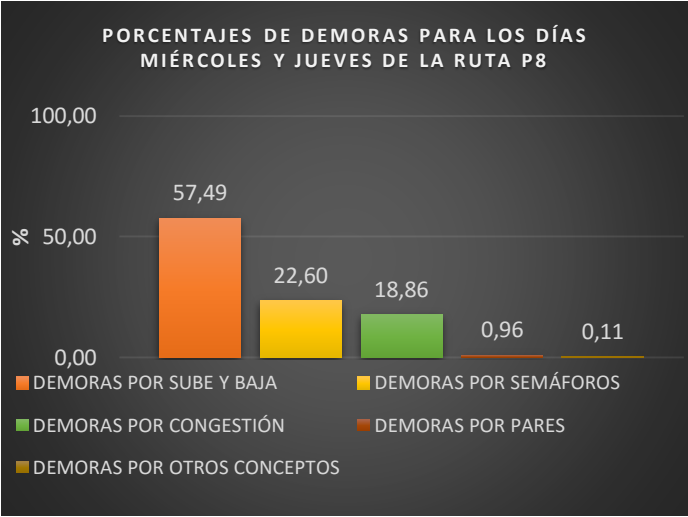
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3. Tramo representativo de la ruta P8 para los días miércoles y jueves.



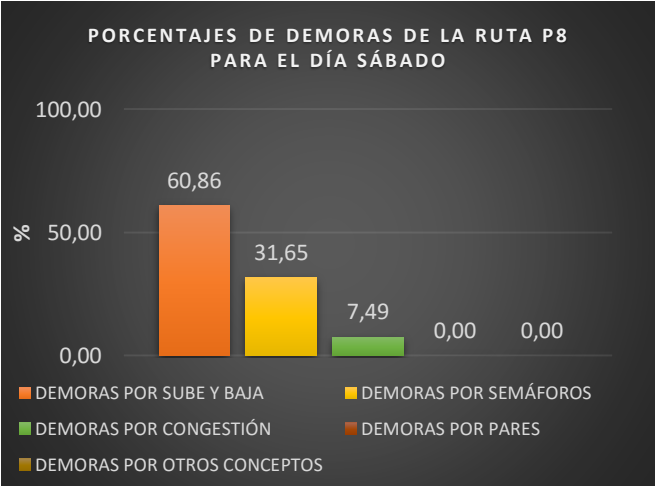
Fuente: Elaborado en ArcGIS.

Gráfica 5. Porcentajes de demoras de los días miércoles y jueves de la ruta P8.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 6. Porcentajes de demoras del día sábado para la ruta P8.



Fuente: Elaboración propia.

La ruta P10 presenta una velocidad promedio de recorrido entre el miércoles y jueves de 14,62 Km/h con un tiempo de demora de 3,81 minutos como se puede ver en las tablas (7) y (8).

Tabla 11. Tiempos de demora para la ruta P10.

RUTA P10	Miércoles y Jueves	Sábado
TIEMPO TOTAL DE DEMORAS	minutos	minutos
	35,72	23,32
DEMORAS POR SUBE Y BAJA	minutos	minutos
	22,43	15,49
DEMORAS POR SEMÁFOROS	minutos	minutos
	9,11	7,09
DEMORAS POR CONGESTIÓN	minutos	minutos
	4,07	0,0
DEMORAS POR OTROS CONCEPTOS	minutos	minutos
	0,14	0,74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta P10.

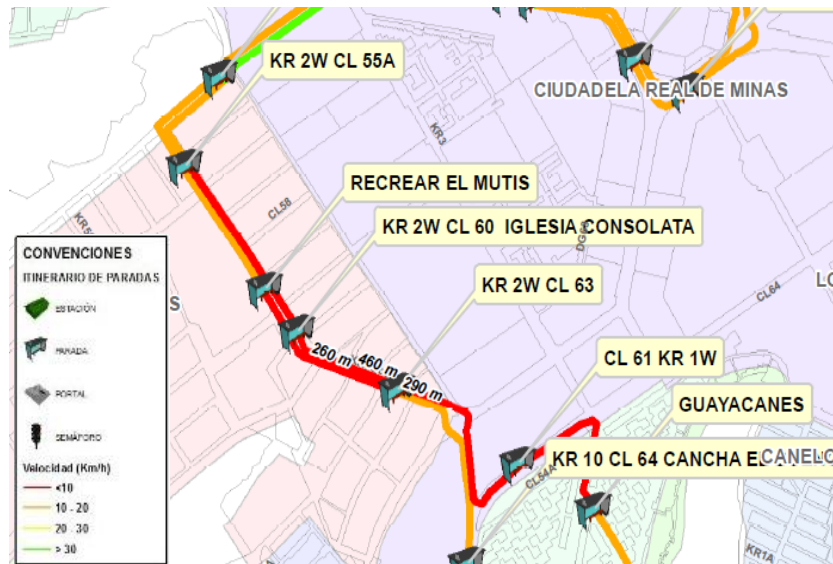
	Suben	Bajan
Miércoles y Jueves	149	164
Sábado	120	113

Fuente: Elaboración propia.

Este tiempo de demora se debe a un tramo en específico donde se presenta un alto tiempo de demoras por semáforos, sube y baja de pasajeros y congestión como se puede observar en la tabla (11) y (12); que va desde la carrera 10 con calle 64 hasta la carrera 2w con calle 55^a del barrio mutis como se puede ver en la

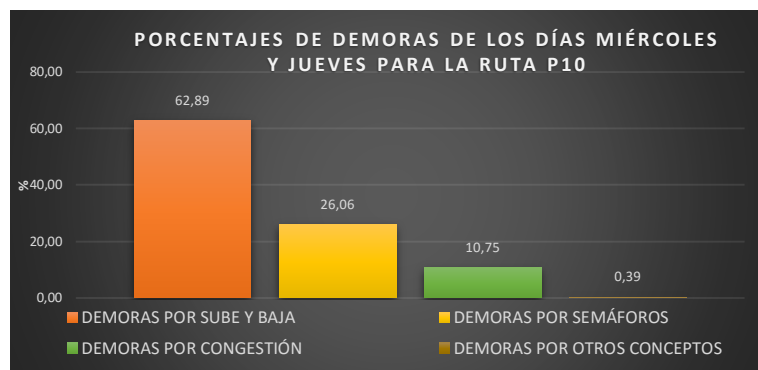
ilustración (4). En la gráfica (7) podemos observar las causas de las demoras para esta ruta.

Ilustración 4. Tramo representativo de la ruta P10 para los días miércoles y jueves.



Fuente: Elaborado en ArcGIS.

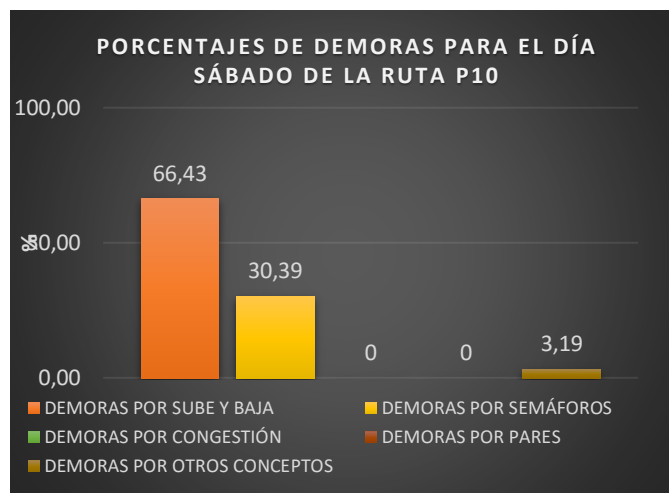
Gráfica 7. Porcentajes de demoras de los días miércoles y jueves de la ruta P10.



Fuente: Elaboración propia.

El día sábado no se presenta tiempo de demora, en este caso la ruta tuvo una ganancia de 6 minutos como podemos ver en la tabla (8), Esto se debe a que ese día en las horas de la mañana no hubo congestión, siendo bajo el tiempo de demoras por sube y baja de pasajeros en comparación de los días entre semana; también se debe al no presentar demoras por paradas en intersecciones sin semáforo como se puede ver en la tabla (11). Las causas de las demoras se pueden ver representadas porcentualmente en la gráfica (8).

Gráfica 8. Porcentajes de demoras del día sábado para la ruta P10.



Fuente: Elaboración propia.

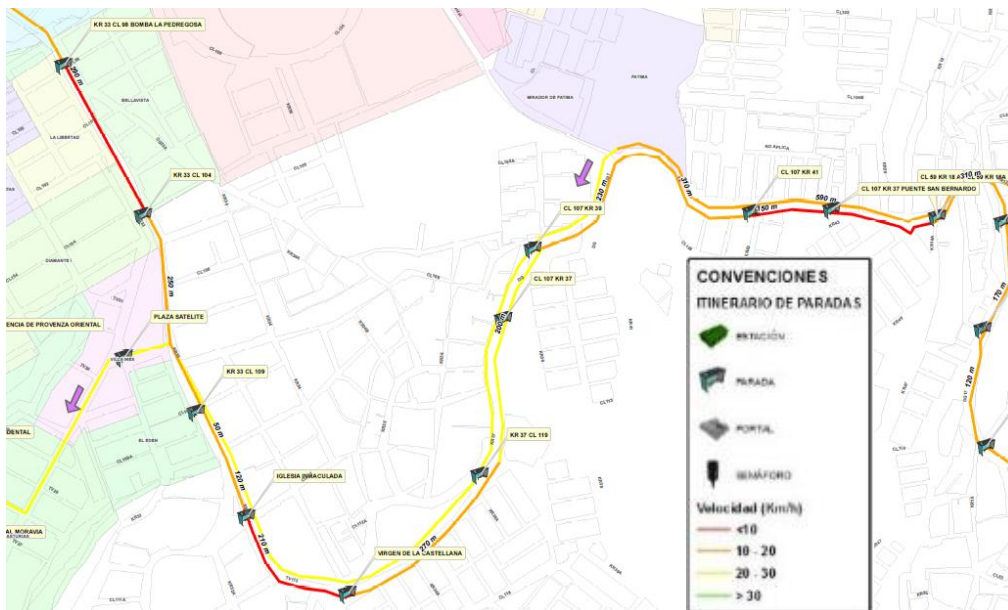
6.5 BUSES ALIMENTADORES AP1 Y AB2.

El NDS observado para los días miércoles y jueves de las rutas AP1 y AB2 fue D-E y E-F respectivamente, donde se presentan condiciones inestables de circulación, formación de largas colas de vehículos y en casos era imposible efectuar adelantamientos. El tramo más representativo para la ruta AB2 se presenta desde la carrera 33 con calle 35 hasta la carrera 33 con calle 56. La ruta AP1 tiene varios tramos representativos que van desde la carrera 33 con calle 98 hasta la carrera 33 con calle 104, carrera 33 con calle 111 hasta la Traversal 112 con carrera 33^a, calle

107 con carrera 42 hasta la calle 59 con carrera 18a. El día sábado el NDS observado fue C-D, donde hay un buen nivel de transitabilidad.

La ruta AP1 presenta una velocidad promedio de recorrido entre el miércoles y jueves de 11,28 Km/h con un tiempo de demora de 6,7 minutos como se puede ver en las tablas (7) y (8). Este tiempo de retraso se debe a que presentó un alto tiempo de demoras por congestión (ver tabla 13) y velocidades bajas durante toda la ruta; lo que conlleva a que la ruta no puede soportar el tráfico compartido de la hora pico. En la ilustración (5) podemos observar los tramos más representativos donde hubo congestión.

Ilustración 5. Tramos representativos de la ruta AP1 para los días miércoles y jueves.



Fuente: Elaborado en ArcGIS.

El día sábado no se presenta tiempo de demora, en este caso la ruta tuvo un tiempo de ganancia de 2 minutos como podemos ver en la tabla (8). Esto se debe a que ese día en las horas de la mañana no hubo numeroso tráfico, siendo bajo el tiempo de demoras a comparación de los días entre semana (ver gráfica 10) y tabla (9). En

la tabla (14) se puede observar la cantidad de pasajeros que la ruta AP1 recogió y dejó para los días típicos y el día atípico.

Tabla 13. Tiempos por demoras del día sábado para la ruta AP1.

RUTA AP1	Miércoles y Jueves	Sábado
TIEMPO TOTAL DE DEMORAS	minutos	minutos
	15,71	7,36
DEMORAS POR SUBE Y BAJA	minutos	minutos
	6,02	2,71
DEMORAS POR SEMÁFOROS	minutos	minutos
	3,70	1,72
DEMORAS POR CONGESTIÓN	minutos	minutos
	5,99	2,9

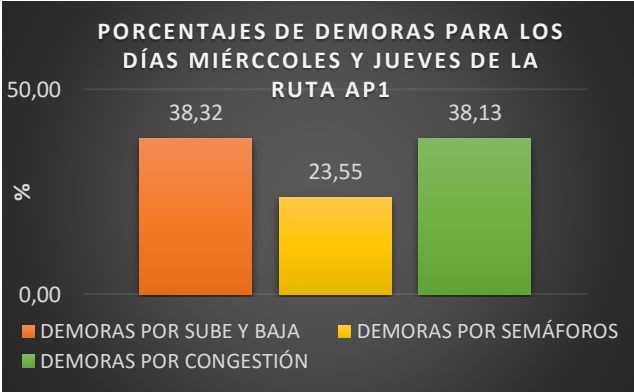
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta AP1.

	Suben	Bajan
Miércoles y Jueves	48	48
Sábado	32	32

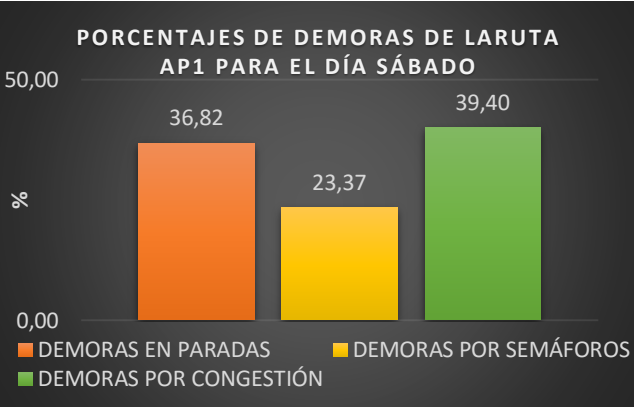
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 9. Porcentajes de demoras de los días miércoles y jueves de la ruta AP1.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 10. Porcentajes de demoras del día sábado para la ruta AP1.



Fuente: Elaboración propia.

La velocidad promedio de operación que presenta la ruta AB2 para los días miércoles y jueves es de 12,77 Km/h con un tiempo de demora de 10 minutos como se puede observar en las tablas (7) y (8). Este tiempo de demora se debe a un tramo en específico donde se presenta un alto tiempo de demoras por semáforos, sube y baja de pasajeros y congestión como se puede observar en la tabla (15) Y (16); que va desde la carrera 33 con calle 35 hasta la carrera 33 con calle 56 (ver ilustración 6); por esta razón el alto tiempo de demoras y retraso presentado para estos días en la ruta.

En las gráficas (11) y (12) se pueden ver las causas representadas de manera porcentual con respecto a sus tiempos totales de demoras.

Ilustración 6. Tramo representativo de la ruta AB2 para los días miércoles y jueves.



Fuente: Elaborado en ArcGIS.

Tabla 15. Tiempos por demoras del día sábado para la ruta AB2.

RUTA AB2	Miércoles y Jueves	Sábado
TIEMPO TOTAL DE DEMORAS	minutos	minutos
	42,02	27,23
DEMORAS POR SUBE Y BAJA	minutos	minutos
	18,18	11,05
DEMORAS POR SEMÁFOROS	minutos	minutos
	9,32	8,33

DEMORAS POR CONGESTIÓN	minutos	minutos
	12,90	5,67
DEMORAS POR PARADAS EN INTERSECCIONES SIN SEMÁFORO	minutos	minutos
	1,42	0,79
DEMORAS POR OTROS CONCEPTOS	minutos	minutos
	0,21	1,39

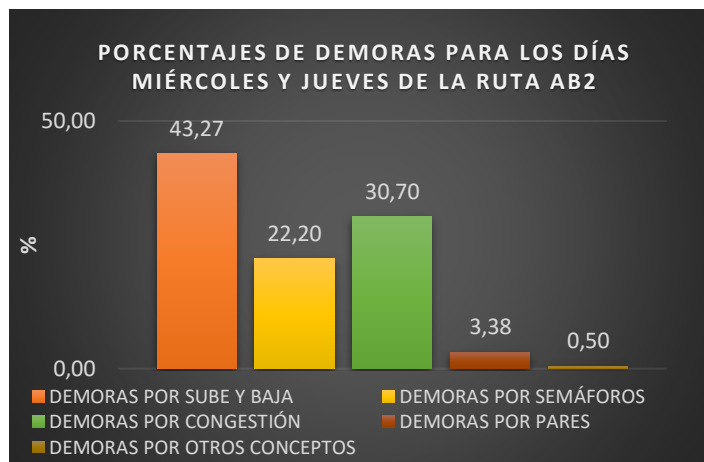
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Total de pasajeros que se subieron y se bajaron de la ruta AB2.

	Suben	Bajan
Miércoles y Jueves	102	101
Sábado	61	60

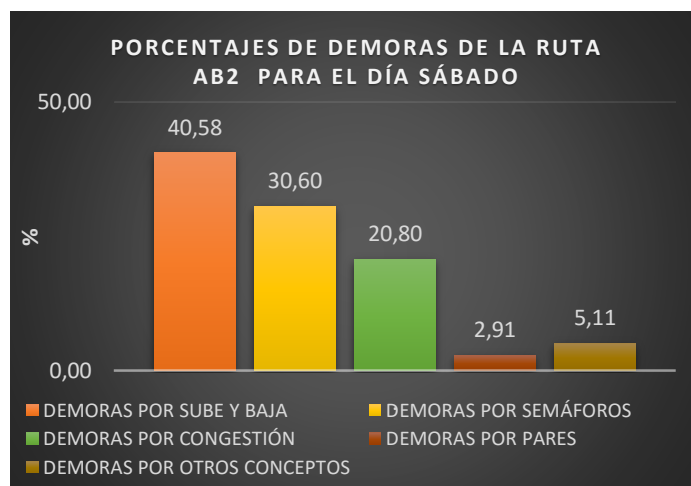
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 11. Porcentajes de demoras de los días miércoles y jueves de la ruta AB2



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 12. Porcentajes de demoras del día sábado para la ruta AB2.



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

Con el análisis que se le realizó a los tiempos de paradas y en movimiento, se encontraron las causas de las demoras presentadas en el SITM, que fueron demoras por sube y baja de pasajeros, semáforos, congestión, paradas en intersecciones sin semáforo y otros conceptos.

El mayor índice de demora fue por sube y baja de pasajeros, debido a que no se están cumpliendo los tiempos que están establecidos en los documentos CONPES para la ejecución de esta operación. La solución es que el Ente gestor Metrolínea rediseñe la programación de paradas a mayor distancia, ya que este tipo de sistema está concebido para que el pasajero busque el sistema y no el sistema busque al pasajero. Implica entonces esto mejorar sustancialmente el espacio público que accede a los paraderos.

Es importante realizar un estudio de ascenso y descenso de pasajeros para las tres tipologías de buses, con el fin de indicar las causas de las demoras de sube y baja y de esta manera identificar si esta demora se debe a la cantidad de pasajeros, al ancho de las puertas o la falta de organización del sistema.

Las congestiones se vienen presentando por “Reducción de carril” y alta cantidad de vehículos, que representan un bajo indicador de la relación volumen a capacidad, que es lo que determina los NDS. La solución a esta problemática es el control de las autoridades de tránsito para impedir los cuellos de botella y en general el desestimulo al uso del carro particular, prometido y no cumplido por el gobierno nacional en los documentos CONPES. “Ningún sistema de transporte masivo funciona sin la desvinculación de vehículos particulares”.

Para el control de las demoras por semáforos que es otra causa principal del mal funcionamiento de SITM, es la implementación de semáforos inteligentes para disminuir los tiempos de espera y poder aumentar el flujo vehicular.

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA MINISTERIO Y TRANSPORTE. Ley 769. (06, Agosto, 2002). Por el cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial Bogotá D.C, 2002 No 44893. P. 1-71

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. DOCUMENTO CONPES 3167. Política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros. DNP. Bogotá D.C, mayo 23 de 2002, p 36.

INGENIERIA DE TRANSITO FUNDAMENTOS Y APLICACIONES, 8ª. Edición. Rafael cal y Mayor Reyes Spindola, James Cárdenas Grisales.

METROLINEA NOS MUEVE, Rutas de Metrolínea.