



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Impacto de la variación de los tiempos de ciclo establecidos en el diseño operativo del componente zonal del SITP de Bogotá. Análisis de caso zona SITP - Usaquén.

Ernesto Mario Castro Coronado

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola
Bogotá D.C., Colombia
2015

Impacto de la variación de los tiempos de ciclo establecidos en el diseño operativo del componente zonal del SITP de Bogotá. Análisis de caso zona SITP - Usaquén.

Ernesto Mario Castro Coronado

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería – Transporte

Directora:

Ph.D. Liliana Lucia Lyons Barrera

Línea de Investigación:

Planificación de Transporte

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola
Bogotá D.C., Colombia
2015

Resumen

El presente trabajo de grado desarrolló un nuevo diseño operativo para un día hábil del sistema SITP para la zona Usaquén, a partir del análisis de la variación del tiempo de ciclo, buscando garantizar la obtención de los indicadores de frecuencias y nivel de servicio establecidos en el diseño inicial, los cuales fueron planificados, licitados y adjudicados en el año 2009 para suplir las necesidades de viajes de Bogotá (TransmilenioS.A, 2009). En el diseño propuesto, se asume que los niveles de servicio establecidos para cada una de las rutas de la zona SITP Usaquén se mantienen constantes.

Para el desarrollo de este documento se contó con la colaboración de entidades públicas como la Secretaría de Movilidad de Bogotá y la empresa Transmilenio S.A., así como con el apoyo del operador privado encargado de la operación de la zona Usaquén, con el fin de obtener información oficial de los registros de tiempos reales para cada uno de los servicios de la zona.

La información antes mencionada fue procesada y analizada estadísticamente para obtener como resultado final un nuevo diseño operativo para el sistema en esta zona. A partir del diseño obtenido, se cuantificó la variación en los indicadores de IKB (Índice de Kilómetros por Bus), ICB (Índice de Conductores por Bus), intervalos y flota. Con estas variaciones se realizó la comparación con los indicadores referentes para establecer el impacto de estos cambios operativos en el sistema bajo estudio.

Como aporte de este trabajo final, se define también una metodología que permite ser aplicada a las demás zonas del sistema para establecer nuevos diseños operativos, previo cumplimiento de los requerimientos de información definidos para tal fin.

Palabras Claves: Transporte público, Sistema de rutas, SITP, diseño operacional de rutas, tiempos de ciclo, zona Usaquén, nivel de servicio

Abstract

This work developed a new operating level design for a working day of the SITP system for Usaquen area, from the analysis of the variation of the cycle time, seeking to ensure the achievement of the indicators of frequency and level of service provided for in initial design, which were planned, tendered and awarded in 2009 to meet the travel needs of Bogotá (TransmilenioS.A, 2009). In the proposed design, it is assumed that the service levels established for each of the routes in the area SITP Usaquén remain constant.

For the development of this document was counted with the collaboration of public entities such as the Mobility of Bogota and Transmilenio SA, and with the support of the private operator in charge of the operation of the Usaquen area, in order to obtain information official records reais for each time zone services.

The above information was processed and analyzed statistically for the end result to design a new operating system in this area. From the obtained design, the variation was quantified indicators IKB (index kilometers per Bus), BCI (for Bus Drivers index), intervals and fleet. With these variations comparison with the indicators related it was conducted to determine the impact of these operational changes in the system under study.

As a contribution of this final work is also defined a methodology to be applied to other areas to establish new operating system designs, after fulfilling the information requirements defined for that purpose.

Keywords: Public transport, route system, SITP, operational route design cycle times, Usaquén, service level

CONTENIDO

Resumen..... I

Lista de Figuras V

Lista de Tablas..... V

Lista de Gráficas..... VI

1. Reseña de sistemas de transporte en Latinoamérica 2

 1.1. Transantiago 2

 1.2. Red Integrada de Transporte (RIT) -Curitiba 5

 1.3. Metro Bus- Ciudad de Panamá 9

 1.4. Análisis de los sistemas 12

2. Antecedentes del SITP de Bogotá D.C..... 15

 2.1. Esquema operativo del SITP. Componente troncal y zonal 18

 2.2. Sistema integrado de recaudo, control e información - SIRCI 20

 2.3. Tipologías vehiculares del componente zonal del SITP..... 21

3. Descripción zona de estudio SITP Usaqué..... 23

 3.1. Usaqué como localidad..... 23

 3.2. Zona SITP Usaqué..... 28

4. Metodología para cálculo de tiempos de ciclo 32

 4.1 Mediana como variable de tendencia central..... 34

 4.2 Metodología aplicada..... 35

 4.2.1 Período de tiempo a analizar 35

 4.2.2 Obtención de información primaria. Depuración y organización de datos 37

 4.2.3 Cálculo de franjas de operación..... 39

 4.2.4 Cálculo de los cuartiles..... 41

 4.2.5 Determinación de la mediana 42

 4.2.6 Elaboración de gráficas de registros de tiempos y mediana. 42

 4.2.7 Elaboración de fichas técnicas 43

 4.2.8 Análisis de resultados 46

5. Fichas técnicas 47

6. Análisis de resultados 49

 6.1 Impactos en la flota y en los intervalos de operación 49

6.1.1	Rutas urbanas.....	49
6.1.2	Rutas complementarias.....	52
6.1.3	Rutas Especiales.....	54
6.2	Propuesta de diseño operativo para alcanzar niveles de servicios licitados.	57
6.3	Impacto en el indicador de kilómetro/bus/día.....	59
6.4	Impacto en el indicador conductor/bus	62
7.	Conclusiones y recomendaciones	66
7.1	Conclusiones.....	66
7.1.1	Conclusiones referidas a la flota e intervalos.....	66
7.1.2	Conclusiones referidas a los indicadores IKB e ICB.....	67
7.1.3	Conclusiones referidas a la metodología.....	68
7.2	Recomendaciones.....	69
A.	ANEXO: RESUMEN EJECUTIVO DEL DISEÑO DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA – DISEÑO OPERACIONAL POR RUTA- ZONA USAQUÉN.	73
B.	ANEXO: FICHAS TÉCNICAS- RUTAS ANALIZADAS- ZONA SITP USAQUÉN	77

Lista de Figuras

Figura 2-1. Zonas de operación Transantiago.....	3
Figura 2-2: Red Integrada de Transporte en Curitiba, Brasil	7
Figura 2-3: Ruta Gran Estación - Vía Porras - Albrook - Sistema Metro Bus.....	10
Figura 2-4: Ruta Chorrillo - Estación Marañón – Sistema Metro Bus.....	10
Figura 1-1: Zonas SITP de Bogotá, Colombia.....	17
Figura 1-2: Tipología de rutas SITP.	19
Figura 1-3: Unidad lógica del bus zonal.	20
Figura 3-1: Localidades de Bogotá.....	24
Figura 3-2: Distribución de estratos - Localidad de Usaquén.	26
Figura 3-3: Pasajeros transportados al año por Transmilenio por localidad.	27
Figura 4-1: Comparación de viajes en día hábil y sábado para la ciudad de Bogotá	40
Figura 4-2: Diseño de la ficha técnica para presentación de gráficas de análisis	45

Lista de Tablas

Tabla 2-1: Tipos de servicios de Curitiba.....	8
Tabla 2-2: Comparativos de características de algunos sistemas de transporte en Latinoamérica.....	14
Tabla 1-1: Zonas SITP con su respectiva empresa operadora.....	16
Tabla 3-1: Oferta de flota - Zona SITP Usaquén.....	29
Tabla 3-2: Oferta final de vehículos a corte de noviembre de 2104 - Información Consorcio Express S.A.S.....	30
Tabla 4-1: Registro de tiempos - Sistema SIRCI.	38
Tabla 5-1: Rutas analizadas	47
Tabla 5-2: Tiempo de ciclo ajustado ruta 4.....	48
Tabla 6-1: Rediseño operativo - Rutas analizadas zona SITP Usaquén.....	57
Tabla 6-2: Comparación de indicador IKB a partir de tiempo de diseño operativo referente vs IKB a partir de tiempo ajustado.....	60
Tabla 6-3: Comparación indicador ICB	64

Lista de Gráficas

Gráfica 4-1: Tiempos de ciclo ruta 18-2.....	34
Gráfica 4-2: Comparación de kilometraje programado vs kilometraje ejecutado año 2014	36
Gráfica 4-3: Representación de cuartiles y mediana.	41
Gráfica 4-4: Tiempos de ciclo y mediana	43
Gráfica 6-1: Variación de tiempos de ciclo para rutas urbanas zona Usaquén	50
Gráfica 6-2: Variación de flota rutas urbanas	51
Gráfica 6-3: Variación de intervalos rutas urbanas.....	52
Gráfica 6-4: Variación tiempos de ciclo - rutas complementarias.....	53
Gráfica 6-5: Variación de flota - Rutas complementarias	53
Gráfica 6-6: Variación de intervalos - Rutas complementarias.....	54
Gráfica 6-7: Variación tiempos de ciclo - rutas especiales.....	55
Gráfica 6-8. Variación de flota - rutas especiales.....	55
Gráfica 6-9. Variación de intervalos - rutas especiales	56
Gráfica 6-10: Comparación de kilómetros/bus/día por ruta.....	62
Gráfica 6-11: Comparación de horas de conducción	63
Gráfica 6-12: Comparación del indicador ICB	64

Introducción

El presente documento tiene como fin último determinar el impacto en el diseño operativo de la variación del tiempo de ciclo de las rutas asociadas a la zona SITP – Usaquéen a través del análisis de indicadores como el IKB (Índice de Kilómetros por Bus), el ICB (Índice de Conductores por Bus), y variables operativas como flota e intervalos de despacho. Para este fin se estableció una metodología, la cual puede ser aplicable a cualquier otra zona de este sistema. El desarrollo metodológico propuesto se sustenta en el análisis y procesamiento estadístico de información tomada de la fuente primaria, lo cual permitió obtener resultados confiables y verificables en todas las etapas del proceso. Como resultado de la aplicación metodológica propuesta se obtuvo un nuevo diseño operativo de las rutas para la zona objeto de estudio, el cual garantiza los niveles de servicio inicialmente propuestos. Esto traduce que el rediseño que se plantea se realiza por niveles de servicio y no por demanda. Para esto se utiliza como fórmula básica que el intervalo es producto del cociente entre el tiempo de ciclo y la flota

$$\text{Intervalo (minutos)} = \frac{\text{Tiempo de ciclo (minutos)}}{\text{flota}}$$

Para el desarrollo del presente trabajo se partió del supuesto que al alcanzar los niveles de servicio establecidos en el anexo técnico de la licitación se satisfacen las necesidades de viajes de los usuarios.

El documento inicia con el Capítulo 1, el cual estudia otros sistemas de transporte ya implementados en otras ciudades de centro y sur américa como son Santiago (Chile), Ciudad de Panamá (Panamá) y Curitiba (Brasil), analizando para cada una de estas además de su esquema operativo y de regulación, sus sistemas de recaudo y control de información a partir de los cuales hacen sus análisis de información y posteriores ajustes.

Posteriormente el capítulo 2 incluye una breve descripción del Sistema Integrado de Transporte Público-SITP de Bogotá, analizando las mismas variables de los sistemas enumerados en el capítulo 1 para así comparar estos entre sí.

El capítulo 3 presenta una descripción de la zona SITP de Usaquéen donde se realiza la aplicación del estudio, teniendo como punto de partida el diseño operativo inicial entregado

por Transmilenio S.A. como ente gestor, comparando este diseño con la información suministrada por el operador de la zona. De igual manera se hace una descripción de las características socioeconómicas de la localidad donde opera el sistema objeto de estudio con el fin de comprender las variables que determinan los deseos de viajes de los usuarios y residentes en la misma e identificar así la necesidad latente de realizar ajustes operacionales encaminadas a garantizar los niveles de servicio inicialmente diseñados

Continuando con el desarrollo del documento, en el capítulo 4 se presenta la metodología planteada y su aplicación para el presente trabajo, justificando cada procedimiento a partir del análisis de variables estadísticas. En este capítulo se presentan las fuentes de información secundaria así como las definiciones de los principales conceptos teóricos utilizados.

En el Capítulo 5 presentan un ejemplo de las fichas técnicas elaboradas para cada ruta analizada. Cada una incluye el análisis de las gráficas de las líneas de los registros de tiempos obtenidos a partir del procesamiento realizado, resaltando en las mismas la mediana de tiempo y el valor de la mediana calculada, a partir de la cual se propone el nuevo diseño para la zona y el impacto de dicha variación en los diferentes indicadores. La totalidad de fichas se presentan en el anexo B.

Por último en los capítulos 6 y 7, se presentan las conclusiones, recomendaciones y aportes obtenidos en el desarrollo del proceso de análisis.

1. Reseña de sistemas de transporte en Latinoamérica

Se busca en este capítulo describir las experiencias más relevantes en otros países en cuanto a sus sistemas integrados de transporte con el fin de tener un punto de comparación con respecto a la experiencia del SITP de Bogotá, y obtener aportes en cuanto al diseño operativo de estos sistemas para aplicarlos al estudio zonal identificando la necesidad de realizar ajustes periódicos en los diseños operacionales.

Se analizaron las condiciones de la operación de transporte público en sus inicios en cada uno de los países que se estudiaron, para así entender el porqué de la necesidad de migrar hacia este tipo de sistemas, de igual manera se identifica para cada uno su modelo operativo, de control, regulación, su modalidad de cobro y recaudo así como su sistema institucional entre otras variables que permitan realizar una comparación entre los mismos. Se incluyeron el sistema de transporte público de Santiago de Chile-Transantiago, el modelo operativo de Curitiba, Brasil y por último se revisó el recién inaugurado sistema en la Ciudad de Panamá, Panamá.

1.1. Transantiago

Santiago de Chile históricamente ha presentado graves problemas en su sistema de transporte: tiempos de viaje largos, alta congestión, elevados índices de accidentalidad, mala calidad del servicio así como contaminación auditiva y ambiental, son las principales deficiencias que se convierten a su vez en retos prioritarios a superarse con un cambio en el modelo de transporte de la ciudad, el cual se implementó en el año 2005 con el denominado Plan Transantiago.¹ (Diaz Guillermo, 2004)

Transantiago como sistema integrado maneja una operación tronco alimentada y articulada con la red Metro existente en ese territorio. Para su operación maneja dos tipos de recorrido,

¹ Transantiago se deriva de Transporte de Santiago

Troncales y Locales². El primero se refiere a recorridos largos que se realizan entre dos zonas diferentes. Las rutas Locales hacen referencian a recorridos cortos que se realizan dentro de una misma zona. Para la organización y el diseño operativo, la ciudad de Santiago de Chile fue dividida en 10 zonas teniendo como criterio de división la geografía de la ciudad

Se muestran a continuación las zonas antes descritas:

Figura 1-1. Zonas de operación Transantiago



Fuente: Transantiago S.A - 2014

La historia del transporte público en Santiago de Chile se remonta a principios del siglo XX, época en la cual se da un crecimiento acelerado de las necesidades de transporte de la ciudad, dicha situación trae consigo la imperiosa necesidad de una reforma la cual empieza a fraguarse con la construcción del metro, el cual inicia su operación en septiembre de 1975. Con su aparición se logró reducir la problemática existente, sin embargo no fue la solución definitiva al conflicto existente; se hacía necesario un sistema de rutas organizado e integrado con el mismo.

Díaz, Gómez-Lobo y Velasco, 2004, dividen la historia reciente del transporte público de Santiago en tres períodos: una primera etapa donde hay escasez de oferta la cual finaliza en 1979 con la segunda etapa donde se liberaliza la entrada de rutas y flota, trayendo

² El recorrido Local puede equipararse a los servicios alimentadores del Sistema BRT de Bogotá, TRANSMILENIO.

consigo una sobre oferta de servicios y aumento de tarifas haciendo necesario una regulación en el sector, el cual caracteriza a esta tercera etapa que se presenta desde el año 1990 en el cual se introducen los sistemas de concesiones.

Como se mencionó antes, hasta principios de 1990 el transporte público de Santiago no estaba debidamente controlado. Gran número de rutas, sobreoferta de servicios³, antigüedad de los vehículos, emisiones de gases y constantes alzas en las tarifas eran las principales características de un sistema ávido de regulación el cual generaba altas congestiones en la ciudad. Es así como se abre a licitación pública la operación y control del nuevo sistema de transporte público el cual fija nuevas rutas, diseños operativos y renovación de flota con un límite máximo de 18 años de edad para cada bus (Díaz Guillermo, 2004) el cual llevó por nombre Nuevo Sistema Licitado de Locomoción Colectiva, conocido popularmente en dicho país como micros amarillos. Con esta licitación se logró reducir el número de micros y aumentar progresivamente la ocupación promedio del sistema pasando de 3.575.942 pasajeros/día a 4.275.913 pasajeros/día en el decenio de 1991 a 2001 (Díaz Guillermo, 2004).

Por otra parte, este sistema trajo consigo una serie de problemas donde la duplicidad de recorridos, la aparición de gremios y la atomización de propietarios causantes de la denominada guerra del centavo se presentaban como principales dificultades. Adicionalmente con el paso de los años los vehículos empezaron a presentar calidad deficiente aumentando los índices de inseguridad.⁴

Nash, 1988, muestra que en un mercado libre como el que se tenía en Santiago se desaprovechaba la captación de rentas por economía de escala al no materializarse la integración en los diferentes servicios de una red de transporte.

Todo lo anterior llevó a la necesidad de renovar el sistema licitatorio de Locomoción Colectiva en la cual se debió separar el cobro de pasajes y el cobro de operación de recorridos pagando a los operadores un cobro fijo semanal o mensual, optimizar e integrar la red de transporte, cambiar la estructura tarifaria creando integración en la misma y

³ Según estudios del Ministerio de Transporte de Chile (1997) un usuario esperaba en su época menos de 4 minutos en promedio un servicio

⁴ La comisión nacional de seguridad de tránsito muestra que para el año 2001 se presentaron 7392 accidentes que involucraban vehículos de la Locomoción Colectiva.

aumentar la competencia en la licitación. (Díaz Guillermo, 2004). A partir de lo anterior se estructuró el actual Plan de transporte de la ciudad de Santiago – Transantiago el cual entró a funcionar en el año 2005 poniendo en práctica todo lo anterior con vehículos tipo padrón que utilizan los carriles de tráfico mixto de la ciudad con estaciones de transferencia. Su operación está a cargo de las empresas STP Santiago, Transaraucarias, Veolia Redbus Urbano, Buses Gran Santiago y Unión del Transporte.

En la actualidad dicho sistema está integrado con el Metro de la ciudad. Su estructura organizacional tiene al Ministerio de Transporte como ente regulador y a las empresas antes mencionadas como encargadas de la operación y mantenimiento de los vehículos. La recaudación está adjudicada a la empresa Metro S.A.

Transantiago a través de la empresa recaudadora y sus sistema de pago con tarjeta inteligente dota a su sistema de información de carga de pasajeros así como de tiempos entre los servicios; información base para ejecutar ajustes operacionales (Chile, 2015)

1.2. Red Integrada de Transporte (RIT) -Curitiba

Reconocida a nivel mundial como ciudad pionera en el desarrollo de sistemas de transporte eficiente y autosostenible, Curitiba es la capital del estado de Paraná, al sur de Brasil. Tiene una población aproximada de 1.5 millones de habitantes, la cual aumenta a 2.5 millones al adicionarse la región metropolitana. (IPEA, 2014).

La historia del transporte para esta ciudad se empezó a escribir a finales de la década del 50 (Ardila, 2004), época en la cual se aprueba el plan director de la ciudad, en el cual la principal directriz la toma el transporte público, el uso del suelo y la zonificación de la ciudad. A mediados de los años 70 inicia la puesta en práctica por etapas del sistema de Transporte Público Colectivo el cual maneja ejes que conectan puntos extremos de la ciudad en los cuales se ubican terminales que permiten integración con rutas alimentadoras. Este funcionamiento se mantiene hasta 1979 cuando ingresan líneas interbarrios, A partir de 1980 se implementó el pago de un solo pasaje (Rojas F y Mello C, 2005).

Desde principios de la década del 90, Curitiba utiliza un sistema BRT con vehículos articulados y biarticulados utilizando pago anticipado en estaciones, sin embargo su sistema de buses convencionales, el cual moviliza diariamente cerca de 900.000 pasajeros (IPPUCC, 2004) no estaba integrado a la red de transporte, razón por la cual se genera la necesidad de crear una completa red que articulara los sistemas existentes.

Curitiba para su gestión del TPC crea la URBS⁵ la cual tiene como objetivo centralizar todas las funciones de ejecución, planeación y fiscalización del transporte colectivo permitiendo la operación a empresas privadas. El control, monitoreo y fiscalización también son asumidos por dicha entidad. Hoy en día Curitiba tiene una red de 488 Km. para la operación del sistema.

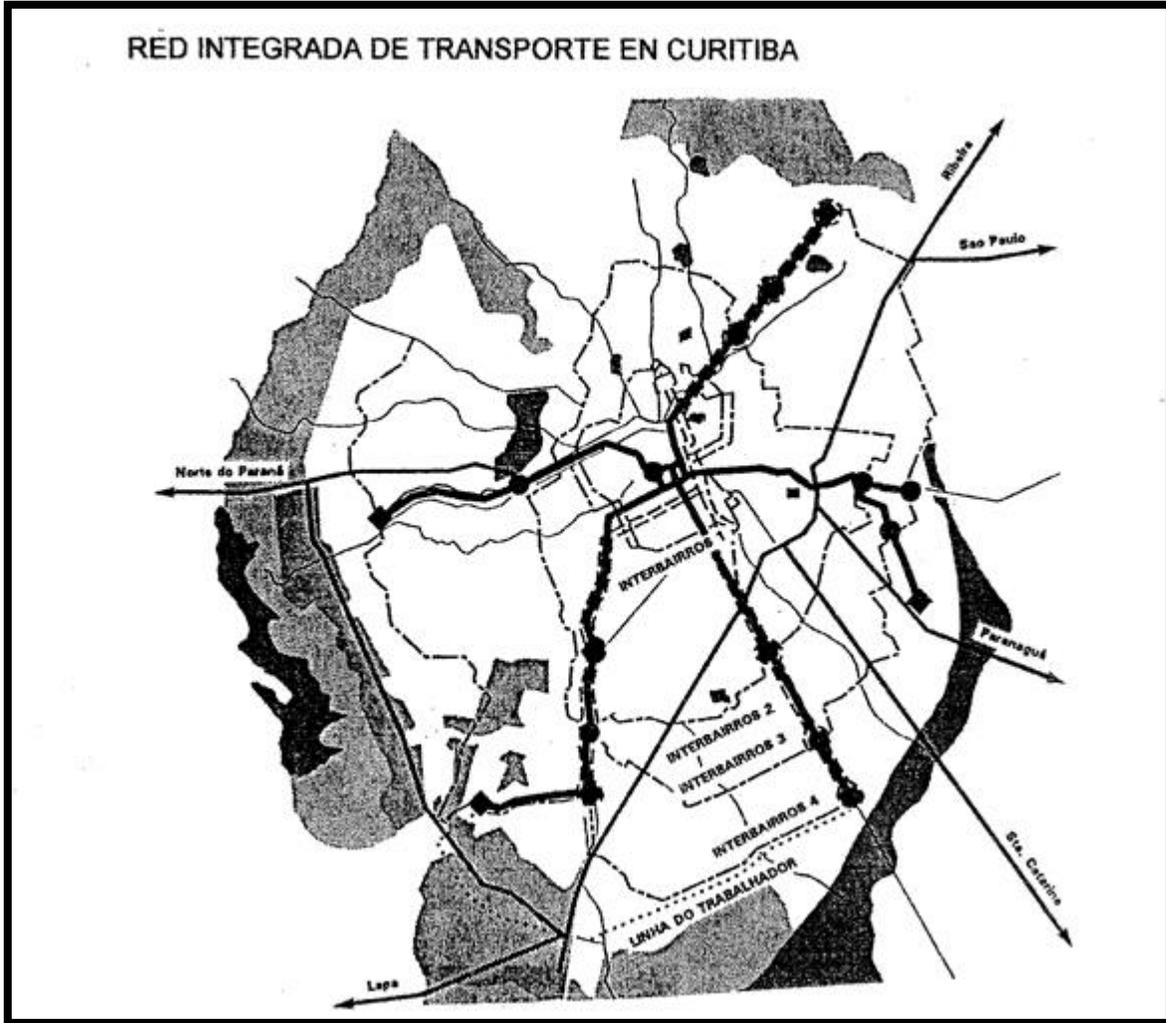
Esta ciudad presenta una tasa de motorización de 0.41 vehículos por habitante, convirtiéndose en una de las más elevadas de todo Brasil (Vivas Motta, 2002) no siendo lo anterior un impedimento para manejar un sistema de transporte eficiente al usuario que desestimula el uso del carro. Lo anterior ha traído un incremento en la demanda de pasajeros de la red de transporte público, razón por la cual se han venido desarrollando proyectos de nuevas líneas de servicios, siempre correlacionadas con el desarrollo y planeación urbana de la ciudad (Marchezetti y Reck, 2004), siendo este un gran atributo del sistema al ser flexible a la expansión de la ciudad puesto que la misma ubica los grandes edificios y centros generadores y atractores al borde las principales avenidas donde transitan los denominados ómnibus⁶. Por su parte las zonas residenciales se ubican distante a las mencionadas avenidas.

La red integrada de transporte de Curitiba se centraliza en los cinco principales ejes de la ciudad, los cuales constituyen las líneas rápidas donde circulan los vehículos biarticulados, estos ejes suman un total de 72 kilómetros de vías exclusivas. De igual manera la infraestructura vial de la ciudad utiliza calzadas que se dividen en tres secciones: dos calzadas exteriores para tráfico mixto y una calzada central doble para la movilización de los autobuses del sistema BRT.

⁵ Sigla para referirse a la Empresa Municipal de Urbanización de Curitiba. Fue creada a comienzos de los 60.

⁶ Ómnibus se refiere a los vehículos que realizan los desplazamientos por las grandes avenidas. Manejan una jerarquización de rutas, son biarticulados, articulados y padrones

Figura 1-2: Red Integrada de Transporte en Curitiba, Brasil



Fuente: Revista INVI- Universidad de Chile 1998 (UniversidadeChile, 1998)

El sistema utiliza para su operación varios tipos de servicios. La Tabla 1-1 muestra dichos servicios así como sus principales características.

Tabla 1-1: Tipos de servicios de Curitiba

Tipo	Color	Funcionalidad	Tipología	Acceso
Líneas rápidas	Rojo	Recorrer los ejes principales	Biarticulados	Estaciones
Líneas directas rápidas	Azul	Recorrer los ejes principales con menos paradas	Biarticulados	Estaciones
Líneas entre barrios	Verde	Unen puntos por fuera de la ciudad	Padrones	Paraderos a nivel
Líneas directas	Gris	Conectar estaciones de los autobuses expresos sin pasar por el centro	Padrones	Paraderos a nivel
Líneas alimentadoras	Naranja	Unen terminales con barrios	buses	Paraderos a nivel
Líneas circulares al centro	Blanco	recorren el centro de la ciudad	microbuses	Paraderos a nivel
Inter hospitales	Amarillo	Unir principales centros hospitalarios	buses	Paraderos a nivel

Fuente: Elaboración propia

Curitiba igualmente es líder en la accesibilidad al sistema a personas con discapacidades físicas, razón por la cual cuentan con estaciones con rampas y elevadores que facilitan el acceso a las unidades de transporte así como rutas que atraviesan la ciudad y conectan los hospitales de la misma.

1.3. Metro Bus- Ciudad de Panamá

Metro Bus como sistema de transporte público de la capital de la república de Panamá inició su operación en diciembre de 2010 sustituyendo al sistema de autobuses existente popularmente conocido como Diablos Rojos⁷. El sistema se estructuró bajo una licitación en la cual es responsabilidad del operador privado el suministro de buses y la operación del sistema. Además, dicho operador debe garantizar el pasaje único a través del uso de tarjeta recargable. La licitación fue adjudicada en el año 2010 a la concesión Transporte Masivo de Panamá S.A (Mibus). (Dimitrou, 2011)

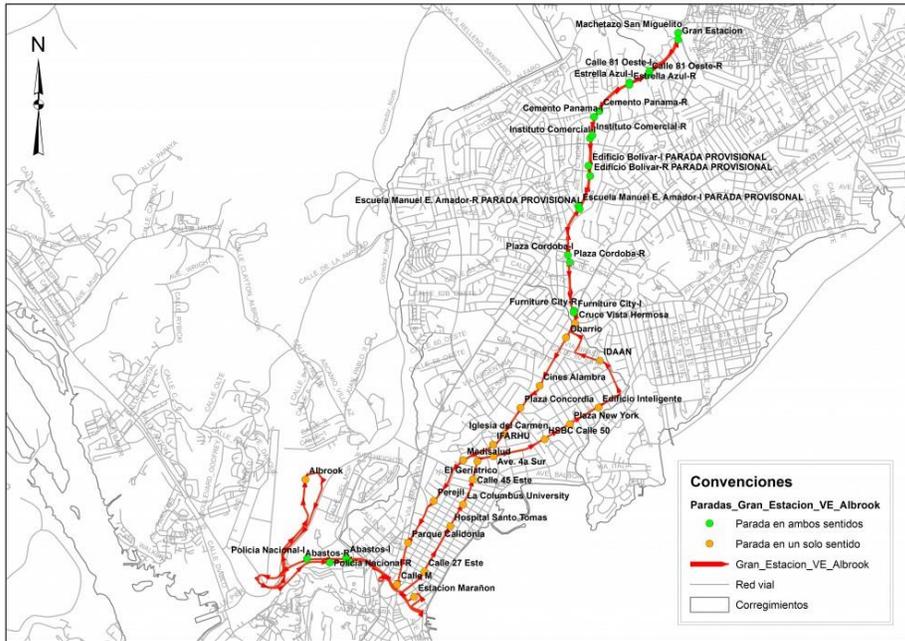
El sistema Metro Bus está compuesto por: la Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre, ATTT, quien está a la cabeza como ente gestor del mismo y tiene como función la regulación total; por la empresa Sona encargada de la administración de tarjetas y recargas y, por la empresa Eupan, responsable de la adecuación de paradas y estaciones.

El sistema actualmente cuenta con un total de 40 rutas las cuales utilizan las principales vías arterias de la ciudad. (MibusS.A, 2014)

Las figuras Figura 1-3 y Figura 1-4 muestran el trazado de dos rutas del sistema Metro Bus.

⁷ Los diablos rojos hacen referencia a los antiguos buses que eran utilizados en Estados Unidos para el transporte escolar y que fueron modificados para su uso en la ciudad

Figura 1-3: Ruta Gran Estación - Vía Porras - Albrook - Sistema Metro Bus.



Fuente: (MibusS.A, 2014)

Figura 1-4: Ruta Chorrillo - Estación Maraón – Sistema Metro Bus..



Fuente: (MibusS.A, 2014)

Dado que Metro Bus es uno de los sistemas más recientes en ciudades latinoamericanas, como fuente de información del actual trabajo se hizo necesario realizar entrevistas a personal administrativo y operativo quienes dieron a conocer los siguientes detalles del esquema de operación:

- El sistema Metro Bus opera únicamente con vehículos de tipología padrón.
- Prima el denominado esquema operativo circular, el cual evita el parqueo en vía.
- No maneja integración tarifaria con el sistema Metro de la ciudad.

De igual manera el sistema de transporte de la ciudad se soporta con cinco corredores principales por donde circulan las rutas existentes. Estos corredores se conocen como:

1. Corredor Norte
2. Vía España
3. Tumba muertos
4. Avenida Transitsmica
5. Corredor Sur

De los corredores anteriores se resalta la Vía España en donde se realiza la operación del sistema metro, el cual conecta las estaciones terminales de Albrook y Los Andes.

A diferencia del SITP de la ciudad de Bogotá, el sistema Metro Bus no maneja una jerarquización de rutas, por ello se utiliza sólo el color blanco con franjas naranjas como colores característicos del sistema.

Frente a la regulación del sistema, la empresa Mibus maneja un único centro de control el cual se encarga de toda la operación que se distribuye a través de seis patios de operación: Chorrillos, Agua de Dios, Los Pueblos, Albrook, Ojo de Agua y Calima, en los cuales se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de dicho sistema así como el parqueo de las unidades de transporte. Al igual que en Santiago de Chile, el sistema MetroBus se

alimenta de información de su sistema de recaudo para ejecutar ajustes operacionales. (Arevalo, 2015).

1.4. Análisis de los sistemas

Una vez revisados cada uno de los sistemas así como sus condiciones de operatividad se presentan las principales conclusiones de la investigación realizada:

- La implementación gradual de estos tipos de sistemas se presenta como la mejor opción para evitar traumatismos directos al usuario.
- La modernización de la flota, así como el uso de unidades de gran capacidad es el común denominador establecido como objetivo de estos tipos de sistemas.
- El Estado y sus entidades públicas ejercen la regulación y se establecen como ente gestor.
- La operación y mantenimiento es delegada en operadores (empresas privadas) responsables de suministrar la flota requerida por el Estado como ente gestor.
- Un adecuado sistema de transporte debe operar bajo un esquema de integración tarifaria que permita satisfacer las necesidades de viajes de los usuarios.
- La existencia de otro tipo de rutas es una estrategia que permite articular la operación tronco-alimentada de los sistemas estudiados.
- En todos los casos estudiados el transporte público colectivo convencional ejercía un fuerte monopolio en el transporte de las ciudades, generando un bajo nivel de confort en los usuarios.
- La sobreoferta de transporte, como factor principal de congestión se evidenció como elemento causante de cambio en los sistemas de transporte estudiados.
- Los ajustes operacionales en los niveles de servicios que se realizan tienen como fuente de información la obtenida a través de sus sistemas de recaudo y control de información.

Se presenta a continuación una tabla resumen donde se comparan los principales aspectos estudiados comparando los mismos con el sistema existente y en proceso de implementación en la ciudad de Bogotá el cual se revisará en detalle en el capítulo 2.

Tabla 1-2: Comparativos de características de algunos sistemas de transporte en Latinoamérica

Sistema	Esquema Operativo	Regulación	Control	Modalidad de Cobro	Esquema Tarifario	Tipologías vehiculares
Transantiago – Santiago de Chile	Tronco- Alimentado. Soportado en el Metro	A cargo del Estado	Empresas operadoras con interventoría del Estado	Tarjeta - Recaudo en estación	Integración con el Metro	Padrones y Articulados
Curitiba – Brasil	Tronco- Alimentado. Sistemas de rutas especiales cada una con un fin único en la operación. Red integrada	A cargo del Estado	A cargo del Estado	Tarjeta - Recaudo en estación	Integración total de todas las rutas existentes	Padrones y Articulados
Metro Bus – Ciudad de Panamá	Tronco - Alimentado	A cargo del Estado	Empresas operadoras con interventoría del Estado	Tarjeta - Recaudo en estación	No hay integración tarifaria con el metro	Solo utiliza padrones
SITP- Bogotá	Tronco - Alimentado	A cargo del Estado	Empresas operadoras con interventoría del Estado	Tarjeta - Recaudo en estación	Integración parcial	Utiliza Microbuses, Busetas, Buses, Padrones, Articulados y Biarticulados

Fuente: Elaboración propia

2. Antecedentes del SITP de Bogotá D.C.

La reorganización del transporte público de la ciudad de Bogotá, se empezó a gestar desde el año 2006 con la expedición del decreto 319 de la Alcaldía Mayor de Bogotá a partir del cual *“se adopta el Plan Maestro de Movilidad que tiene por objeto concretar las políticas, estrategias, programas, proyectos y metas relacionados con la movilidad del Distrito Capital, y establecer las normas generales que permitan alcanzar una movilidad segura, equitativa, inteligente, articulada, respetuosa del medio ambiente, institucionalmente coordinada, y financiera y económicamente sostenible para Bogotá y para la Región.”* (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006). Según este mismo decreto, *“el Sistema Integrado de Transporte Público comprende las acciones para la articulación, vinculación y operación integrada de los diferentes modos de transporte público, las instituciones o entidades creadas para la planeación, la organización, el control del tráfico y el transporte público, así como la infraestructura requerida para la accesibilidad, circulación y el recaudo del sistema.”* De igual manera a partir del decreto 309 de 2009 de la Alcaldía Mayor de Bogotá *“Por el cual se adopta el Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá D.C y se dictan otras disposiciones”* (Alcaldía Mayor de Bogotá., 2009) se sienta la base para iniciar en la capital del territorio colombiano la implementación del SITP, siglas con las que se conoce el actual Sistema Integrado de Transporte Público de la ciudad de Bogotá.

Dicho sistema tiene como principal objetivo mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, garantizando la eficiencia en la operación, el menor costo posible en la tarifa y maximizando la eficiencia de la movilización de pasajeros con calidad y servicio al usuario (Transmilenio S.A., 2010). Simultáneamente con lo anterior el SITP tiene como otro objetivo la mejora en la cobertura del servicio de transporte público, contar con una integración operacional y tarifaria, modernizar la flota y estructurar una red jerarquizada de rutas.

El SITP inicio su etapa de implementación en el mes de septiembre del año 2012 en las zonas de Fontibón y San Cristóbal, lo anterior indica que a la fecha de elaboración del actual trabajo han transcurrido cerca de cinco años desde el momento que se estructuró el diseño operativo del mismo, tiempo en el cual se han presentado cambios en las políticas y dinámicas de viajes de la ciudad, lo cual ha repercutido en una variación en los diseños operativos iniciales.

Tal como quedó establecido en el pliego de licitaciones y modelo operativo, Bogotá fue dividida en 13 zonas, las cuales fueron adjudicadas a diferentes consorcios responsables de prestar el servicio de cada ruta que tenga como par origen – destino dicha zona adjudicada. De igual manera se estableció una zona denominada como neutra en el centro expandido de la ciudad donde se concentra gran parte de la demanda atraída por la presencia de usos del suelo dedicados a oficinas, comercio, servicios y educación (TransmilenioS.A, 2009), la cual no fue adjudicada a ningún operador. Transmilenio S.A será el ente gestor del sistema, encargado de la planeación estructural y de la definición del régimen técnico que regula la operación (TransmilenioS.A., 2010).

En la Tabla 2-1 se presentan las zonas antes referenciadas así como su respectiva empresa operadora:

Tabla 2-1: Zonas SITP con su respectiva empresa operadora

	Zona	Operadora
1	Usaquén	Consortio Express
2	Engativá	Gmovil
3	Fontibón	Coobus
4	San Cristóbal	Consortio Expres
5	Suba Oriental	Masivo Capital
6	Suba Centro	Egobus
7	Calle 80	Este Es Mi Bus
8	Tintal - Zona Franca	Este Es Mi Bus
9	Kennedy	Masivo Capital
10	Bosa	Etib
11	Perdomo	Egobus
12	Ciudad Bolívar	Suma
13	Usme	Tranzit

Fuente: Transmilenio S.A - 2010.

La Figura 2-1 permite observar la distribución final de las zonas antes relacionadas en la ciudad de Bogotá:

Figura 2-1: Zonas SITP de Bogotá, Colombia



Fuente: Transmilenio S.A-2011

El SITP, fue estructurado para implementarse de manera gradual, dadas las experiencias adquiridas de otras ciudades latinoamericanas en las cuales se ha evidenciado la dificultad de establecer una ejecución total e inmediata (TransmilenioS.A., 2010) El resumen ejecutivo del diseño operativo del sistema menciona las ventajas de una implementación gradual (TransmilenioS.A, 2009):

- La entrada en operación de las rutas se hace por pequeños grupos, lo que facilita la logística de la implantación minimizando el traumatismo en el servicio a los usuarios.
- Se puede aprender de la operación en las primeras zonas para garantizar una operación óptima y eficiente en las siguientes.
- El usuario puede conocer y acostumbrarse gradualmente al nuevo sistema sin tener que cambiar completamente su forma de transportarse de un día para otro.

Cabe anotar que el diseño inicial contemplaba realizar dicha implementación en el período de febrero a octubre de 2011.

2.1. Esquema operativo del SITP. Componente troncal y zonal

El SITP está basado en una red de rutas jerarquizadas, conformada por rutas Troncales, Auxiliares⁸, Alimentadoras, Complementarias y Especiales, en donde las rutas troncales tienen la característica de ser el eje estructurante del sistema, atendiendo corredores de alta demanda y el servicio de largas distancias. (TransmilenioS.A., 2010).

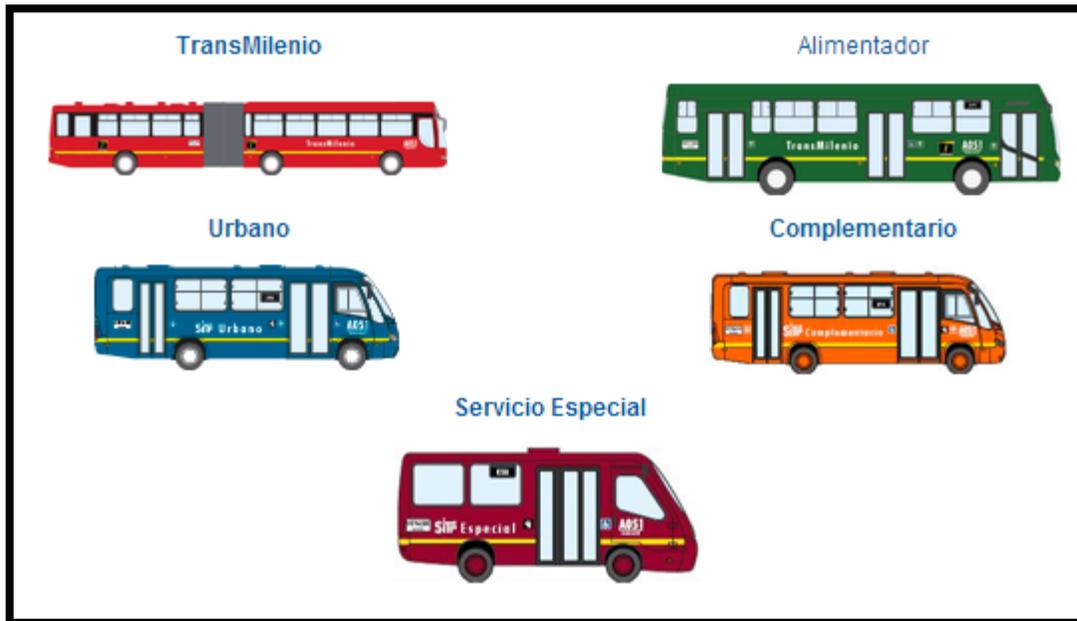
Las rutas auxiliares, también llamadas urbanas, las rutas complementarias y las rutas especiales hacen parte del componente zonal del sistema. Se hace necesario definir las tipologías de rutas antes mencionadas:

- Rutas Urbanas, referidas a rutas que prestan sus servicios entre dos zonas SITP diferentes, su color es azul. Apoyan la operación del sistema en corredores de demanda media, permitiendo atender la demanda entre zonas (TransmilenioS.A., 2010).
- Rutas Complementarias, son rutas diseñadas para dar soporte a la operación de las rutas urbanas y alimentar estaciones del sistema troncal. Su color es el naranja.
- Rutas Especiales, su fin último es dar cobertura a las zonas periféricas de la ciudad donde se presenta dificultad para el acceso del transporte público. Son rutas de color vinotinto. Pueden prestar el servicio en zonas rurales.

La Figura 2-2 permite observar las tipologías de vehículos para las rutas antes descritas:

⁸ En el diseño operativo inicial se establecieron las rutas hoy denominadas urbanas como rutas auxiliares.

Figura 2-2: Tipología de rutas SITP.



Fuente: Secretaría de Movilidad de Bogotá (2014)

El manual de operaciones del SITP establece que *“Las rutas troncales operan por corredores exclusivos mientras que las demás rutas lo hacen por carriles de tráfico mixto.”* (TransmilenioS.A., 2010)

El resumen ejecutivo del diseño de la operación del sistema determina que las rutas que tiene su par origen-destino (O-D) en la misma zona son delegadas 100% al operador respectivo, las rutas que tienen origen en una zona SITP y destino en la zona neutra también son delegadas en su totalidad al operador de la zona de origen, no así en el caso de las rutas que tienen O-D en zonas operacionales diferentes pues en este caso la distribución de la flota será delegada 50% a cada uno de los operadores.

De igual forma y como elemento facilitador de la operación en cada uno de los componentes antes descritos, Transmilenio S.A estableció dos esquemas operativos. El primero, denominado como esquema de doble cabecera, asociado a aquellas rutas que tiene su par O-D en dos zonas SITP diferentes y que además dichos nodos de inicio y fin se caracterizan por ser centros atractores y generadores de viajes. El segundo, bajo el nombre de esquema circular, se asocia a ruta que tiene su par O-D en una misma zona y que además su par O-D no maneja igual equivalencia en la generación y atracción de viajes,

situación característica de rutas que conectan diferentes zonas de la ciudad con sectores de uso de suelo netamente comercial.

2.2. Sistema integrado de recaudo, control e información - SIRCI

Para el acceso a cualquiera de los servicios del componente zonal mencionados en el numeral anterior, las unidades de transporte deberán contar con equipos de validación de pago los cuales hacen parte del sistema integrado de recaudo, control e información – SIRCI. Dichos equipos permiten al conductor tener información en tiempo real de distancia al siguiente paradero, tiempo que lo separa al móvil inmediatamente anterior así como del que lo precede, de igual manera informa la variación de tiempo de retraso o adelanto frente al tiempo de diseño. La Figura 2-3 muestra una imagen de las unidades lógicas utilizadas en el sistema.

Figura 2-3: Unidad lógica del bus zonal.



Fuente: Transmilenio S.A (2010)

El SIRCI tiene como objetivos dotar al sistema de transporte con las herramientas tecnológicas que le permitan ejercer control, así como contar con un sistema tarifario

integrado donde además se cuente con transbordos virtuales, tarifas diferenciales, un monitoreo continuo sobre las unidades y abastecer a los agentes del sistema de información secundaria que permita realizar ajustes en pro de optimizar la operación (TransmilenioS.A., 2010). Para este fin, el sistema almacena información de pasajeros validados por servicio y por cuarto de hora de operación lo cual se constituye en la principal herramienta para realizar ajustes en los diseños operativos a partir la demanda, así como registros de tiempos de ciclo reales, convirtiéndose en la principal fuente de información oficial para realizar ajustes al sistema y nuevos diseños operativos para alcanzar los niveles de servicios diseñados, el cual es uno de los objetivos del actual estudio. Sin embargo, en la actualidad dicha herramienta no es utilizada en su total dimensión razón por la cual el actual trabajo final busca a través del uso de la misma obtener información base de tiempos que a través de un adecuado procesamiento y posterior análisis permita realizar un rediseño operativo para una zona del SITP de Bogotá.

El SIRCI lo conforman el subsistema de recaudo⁹, el subsistema de control de flota, el subsistema de información y servicio al usuario; los componentes de integración y consolidación de la información y la conectividad. (TransmilenioS.A., 2010)

2.3. Tipologías vehiculares del componente zonal del SITP

Para la prestación del servicio, el sistema integrado de transporte público determinó las siguientes tipologías vehiculares con sus respectivas capacidades de acuerdo con la jerarquía de las rutas y la demanda de las mismas (TransmilenioS.A., 2010)

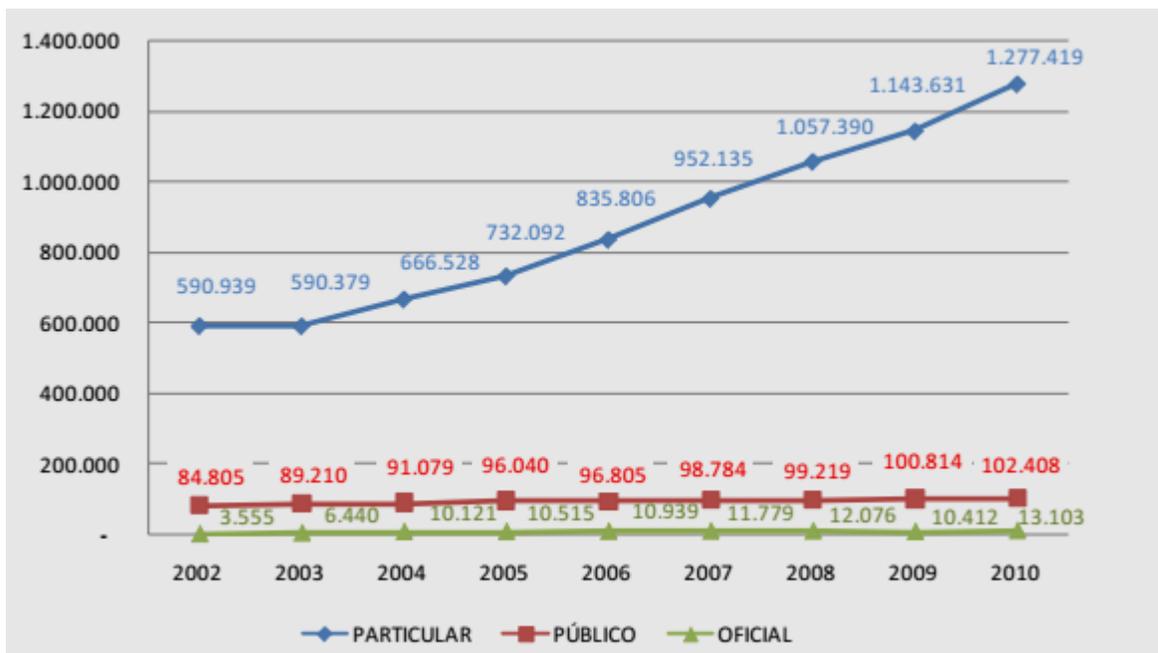
- Padrón, hace referencia a vehículos con capacidad de 80 pasajeros. Tienen 3 puertas: 2 para ascenso y 1 para descenso. Se utilizan en rutas alimentadoras, urbanas y complementarias.
- Bus, son aquellos vehículos con capacidad para transportar 50 pasajeros. Utilizados en rutas urbanas y complementarias

⁹ El SITP utiliza como sistema de recaudo la tarjeta inteligente la cual lleva el nombre de Tarjeta Tu Llave.

- Busetas, con capacidad máxima de 40 pasajeros. Además de las rutas urbanas y complementarias pueden utilizarse en rutas especiales
- Microbuses, son vehículos de 19 pasajeros. Su uso principal está enfocado en atender las rutas especiales del sistema.

La anterior descripción permite observar que el SITP de la ciudad de Bogotá se encuentra dotado de las herramientas necesarias para obtener información verídica que permita realizar constantes ajustes encaminados a cumplir los niveles de servicio licitados y adjudicados, los cuales productos del crecimiento en la tasa de motorización de la ciudad así como de la implementación de nuevas políticas de movilidad han sufrido modificaciones debido a que la velocidad de operación del transporte público se ha visto disminuida. La Gráfica 2-1 muestra el aumento del parque automotor de la ciudad de Bogotá

Gráfica 2-1 Variación de tasa de motorización - Bogotá D.C.



Fuente:(Movilidad, 2011)

Se logra observar que entre el año 2006, periodo en que se empezó a estructurar el actual SITP y el año 2010, Bogotá tuvo un aumento del 36% en la cantidad de vehículos particulares pasando de 590.939 a 1.277.419

3. Descripción zona de estudio SITP Usaquén

Como se menciona el capítulo cuatro, Bogotá fue dividida en 13 zonas para la operación del SITP, en función de la demanda de viajes generados y a sus diferentes usos del suelo. Estas zonas se asemejan a las localidades existentes en la distribución geográfica y administrativa de la ciudad establecida por la Secretaría Distrital de Planeación.¹⁰

Se hace necesario identificar y entender las condiciones y características socioeconómicas y demográficas de la zona objeto de estudio, así como sus principales usos del suelo y diferentes equipamientos que se convierten en nodos generadores y atractores de viajes. Lo anterior permite entender las dinámicas de viaje de la zona lo cual constituye una fuerte herramienta para el desarrollo del presente trabajo.

3.1. Usaquén como localidad.

La localidad de Usaquén se ubica al extremo nororiental de Bogotá. Limita al norte con el municipio de Chía; al oriente con el municipio de La Calera; al sur con la localidad de Chapinero, con la Avenida Carlos Lleras Restrepo o Avenida Calle 100 y la Vía a La Calera y al occidente con la localidad de Suba, con la Avenida Paseo de los Libertadores o Avenida Carrera 45, también conocida como Autopista del Norte. (Secretaría de Planeación, 2011)

La Figura 3-1 permite identificar la ubicación de la localidad en el mapa político de la ciudad de Bogotá.

¹⁰ Bogotá por distribución política fue dividida en 20 localidades, a saberse Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, La Candelaria, Rafael Uribe Uribe, Ciudad Bolívar, Sumapaz.

Figura 3-1: Localidades de Bogotá



Fuente: Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2014)

Al limitar al oriente con el municipio de La Calera, introduce dentro de su territorio los cerros orientales, zona caracterizada por manejar grandes pendientes e inclinaciones en su topografía, así como sectores rurales desconectados de la zona urbana lindante. Condiciones propias de zonas que requieren el uso de rutas especiales.

La localidad de Usaquén desarrolla diferentes usos del suelo donde se destacan el uso residencial, comercial, industrial y dotacional, lo anterior articulado en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, el cual clasifica el territorio en tres tipos de suelo: suelo urbano, suelo de expansión urbana y suelo rural. Usaquén maneja un superficie de 6.531,6 hectáreas, de estas 3.525,1 corresponden a suelo urbano, otras 289,7 se configuran como suelo de expansión urbana y las restantes 2.716,7 constituyen suelo rural. Usaquén ocupa el quinto lugar entre las localidades con mayor superficie dentro del Distrito Capital. (Secretaría de Planeación, 2011).

De igual manera el POT, para efectos de dividir el territorio en instrumentos de planeación zonal, utiliza las denominadas Unidades de Planeamiento Zonal - UPZ las cuales se dividen

en diferentes tipos de acuerdo con sus características predominantes.¹¹En Usaquén como localidad se resaltan las UPZ clasificadas como residenciales y comerciales.

En cuanto a equipamientos se refiere la localidad de Usaquén maneja un total de 835 donde 380 son de bienestar social y 283 de educación. Otra gran proporción son clubes y equipamientos de salud. De igual manera en la localidad se ubican cerca de 89 bienes de interés cultural. (Secretaría de Planeación, 2011).

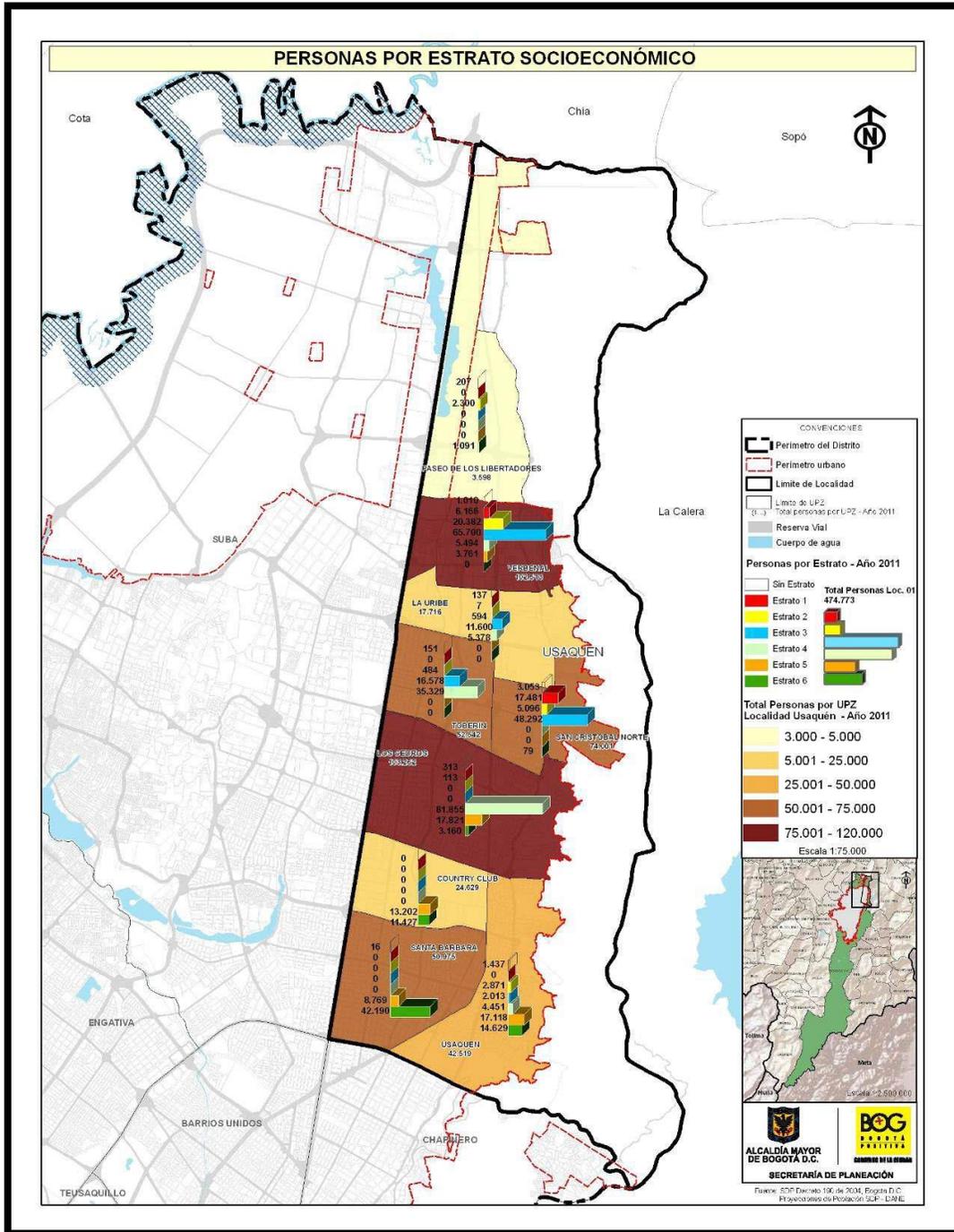
Otra condición de marca la dinámica de viajes de la localidad objeto de estudio radica en que dentro de esta se ubican los principales centros comerciales de la ciudad y zonas de diversidad gastronómica.

En los aspectos demográficos, para el año 2011, la población de la localidad se acercaba a 475.000 habitantes (6,4% del total de la población de Bogotá D.C.) de los cuales más del 70% se encuentran entre los 15 y 64 años. Lo anterior según datos del censo general de 2005 del DANE. Para este mismo año se estableció que la densidad urbana de la localidad era de 134 habitantes por hectárea, el cual es menor al total general de la ciudad que es del orden de 192 habitantes por hectárea.

En cuanto a estratos se refiere, Usaquén alberga principalmente estratos medios, medio-altos y altos. La Figura 3-2 muestra la distribución de estratos en la localidad.

¹¹ El decreto 619 de 2000 clasifica 8 tipos, a saberse: residencial de urbanización, residencial consolidado, residencial cualificado, desarrollo, con centralidad urbana, comerciales, predominantemente industrial, de predominio dotacional.

Figura 3-2: Distribución de estratos - Localidad de Usaquén.

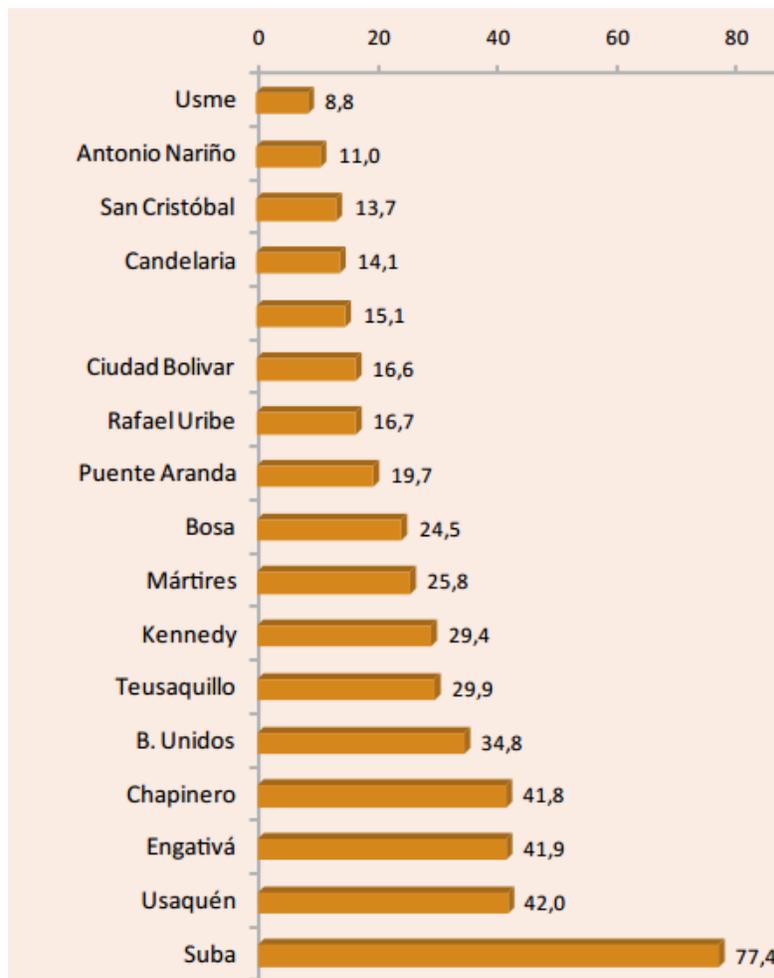


Fuente: Secretaría de planeación (2010)

Se puede observar que en el límite sur de la localidad se ubican los estratos altos, dejando los estratos medio y medio-bajo al límite norte de la misma.

Para la localidad de Usaquén, la Cámara de Comercio de Bogotá para el año 2011 identificó que al año el sistema BRT movilizaba cerca de 42 millones de usuarios (CámaradecomerciodeBogotá-UniversidaddeLosAndes, 2011). La Figura 3-3 muestra la cantidad de viajes por localidades de Bogotá para el año 2010 en millones de pasajeros:

Figura 3-3: Pasajeros transportados al año por Transmilenio por localidad.



Fuente: (CámaradecomerciodeBogotá-UniversidaddeLosAndes, 2011)

Una vez descrita Usaquén como localidad se procede a revisar a Usaquén como zona SITP.

3.2. Zona SITP Usaquén.

La zona SITP Usaquén quedó establecida por la licitación pública 004 de 2009 como la zona número 1 del sistema (TransmilenioS.A., 2010). La misma se ubica al nororiente de la ciudad de Bogotá, limita al norte con el municipio de Chía, al sur con la avenida calle 100 avenida que la separa de la denominada zona neutra, al oriente con el límite de la ciudad el cual linda con el municipio de La Calera y los cerros orientales y al occidente con la avenida Paseo Los Libertadores popularmente conocida con el nombre de Autopista Norte la cual la separa de la zona SITP Suba Oriental.

Esta zona fue adjudicada a la empresa operadora Consorcio Express S.A.S y maneja como principales destinos dentro de su territorio para las rutas urbanas las zonas de Torca, Lijacá, La Estrellita, Verbernal, Tibabita, San Cristóbal Norte y el sector del centro comercial Unicentro.

El anexo número uno de la licitación pública correspondiente al resumen ejecutivo del diseño de la operación del sistema, estableció que Usaquén era la zona que iba a tener el mayor número de rutas entre las cuatro primeras zonas del SITP. Al finalizar su implementación en el año 2015 deberá contar en su operación con 103 rutas, de las cuales 82 funcionan como auxiliares, 6 como alimentadoras dentro de ella, 8 como complementarias, 5 como rutas especiales y 2 como rutas troncales. De igual manera dicho diseño estableció que para funcionar adecuadamente requiere de 1.440 buses, con capacidades que varían entre 19, 40, 50 y 80 pasajeros por bus. Dentro de los buses de 80 pasajeros se incluyen 20 buses duales para la operación de la Carrera 7a. Adicionalmente debe proporcionar una flota de 40 buses biarticulados para la operación troncal. (TransmilenioS.A, 2009)

De igual manera se tenía establecido la siguiente oferta de vehículos para su operación:

Tabla 3-1: Oferta de flota - Zona SITP Usaquén.

TIPO DISEÑO	FLOTA	PORCENTAJE	SILLAS	PORCENTAJE
MICROBUS	164	11,4%	3.116	4,0%
BUSETA	269	18,7%	10.760	13,7%
BUS 50 PASAJEROS	651	45,2%	32.550	41,6%
BUS 80 PASAJEROS	336	23,3%	26.880	34,3%
BUS DUAL 80 PASAJEROS	20	1,4%	5.000	6,4%
TOTALES	1.440	100%	78.306	100%

Fuente: Transmilenio S.A 2010

La tabla anterior permite ver que el diseño operativo inicial contemplaba una flota total de 1.440 vehículos con primacía de vehículos tipo bus con capacidad de 50 pasajeros.

Las anteriores cifras fueron revisadas con la gerencia encargada del operador Consorcio Express S.A.S. responsable de la operación en la zona objeto de estudio, quien facilitó información de la cantidad de vehículos por tipología que se planea tener al final del proceso de implementación. Se muestra a continuación una tabla resumen de la información antes mencionada.

Tabla 3-2: Oferta final de vehículos a corte de noviembre de 2104 - Información Consorcio Express S.A.S

Tipología vehicular	Flota
Biarticulado	83
Padrón Dual Híbrido	98
Padrón Dual	31
Padrón	347
Buseta	352
Microbús	99
Articulado	34
Busetón	689
Padrón alimentador	16
Padrón alimentador AT	22
Padrón AT	30
TOTAL GENERAL	1801

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por Consorcio Express S.A.S

Se destacan los 137 vehículos para operación troncal entre vehículos articulados y biarticulados, los cuales no se contemplan en el anexo técnico antes referenciado pero que impactan directamente en la operación del componente zonal de la zona SITP Usaquén.

De igual manera se resalta la reducción en la flota de microbuses, que pasan de 164 unidades a 99. El anterior cambio se explica a partir de la denominada cuota de chatarrización, la cual es cumplida utilizando estos vehículos, así como por la baja relación costo – beneficio que esta tipología genera puesto que la misma se constituye en la unidad de mayor costo operativo en relación al ingreso que genera.

Otro cambio sustancial se observa en los denominados padrones duales ya que en el resumen ejecutivo del diseño operacional se definía un total de 20 vehículos. Sin embargo, según la información entregada por el operador, se logró establecer que al final de la etapa de implementación la zona Usaquén contará con una flota total de 129 vehículos duales que realizarán su operación en toda la ciudad de Bogotá.

En cuanto a tipologías de rutas se refiere y según información recibida por el Consorcio Express S.A.S., al final de la implementación, la zona Usaquén contará con un total de 112 rutas clasificadas de la siguiente manera:

- 12 rutas complementarias
- 8 rutas especiales
- 92 rutas urbanas

La anterior información permite ver que se ha presentado una variación incremental en las condiciones inicialmente diseñadas en comparación con la operación actual del sistema, lo cual muestra la dinámica de este tipo de sistemas y la necesidad de una reestructuración del mismo.

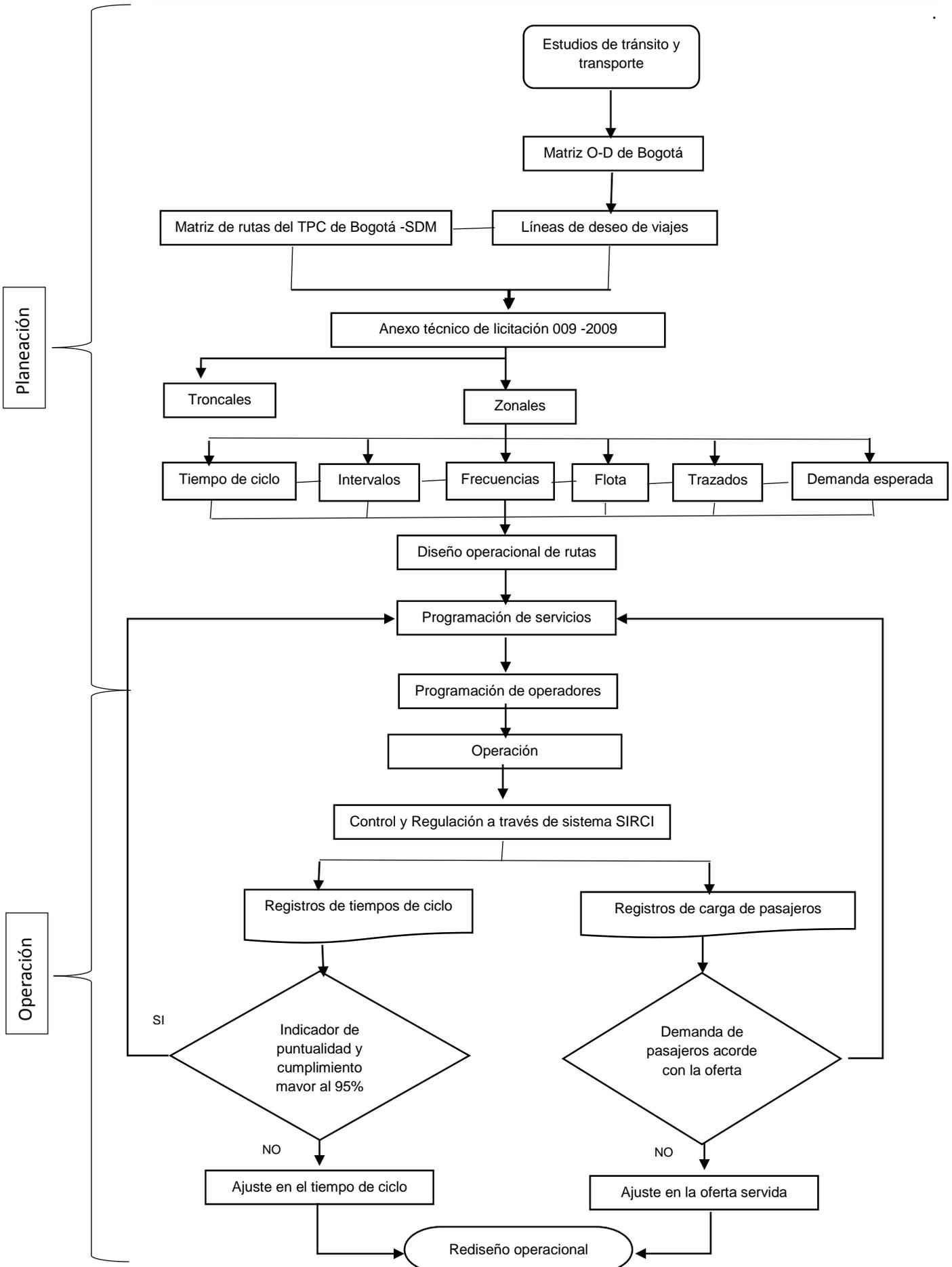
Se identifica entonces que la localidad de Usaquén y su respectiva zona SITP han tenido variaciones en sus condiciones inicialmente proyectadas, generándose así la necesidad de identificar el impacto de esta variación, estableciendo a través de una metodología estadística desarrollada las necesidades de flota que permita cumplir con los niveles de servicio contratados mediante licitación pública.

4. Metodología para cálculo de tiempos de ciclo

Como parte del análisis de este trabajo final, se establece la siguiente metodología desarrollada como una herramienta que permite a partir de la información secundaria recolectada a través del Sistema Integrado de Recaudo, Control e Información – SIRCI, establecer gráficas de los tiempos de ciclo reales obtenidos de la operación de cada una de las rutas asociadas a la zona SITP – Usaquén, que permitan plantear un rediseño operativo para la misma que permita alcanzar los niveles de servicios bajo los cuales se diseña, licita y contrata el sistema, así como cuantificar el impacto de la variación de dichos tiempos con relación al diseño referente del sistema para un día hábil típico de operación.

No obstante se aclara que un diseño operativo completo debe contemplar la demanda de pasajeros, en la cual luego de obtener la carga diaria de usuarios, establecer una matriz origen – destino que dictamine las líneas de deseo de viajes, determinar la hora de máxima demanda y se divida dicho valor por la capacidad del vehículo a utilizar para así cuantificar la flota requerida.

El flujograma a continuación hace una representación del proceso básico necesario de ejecutarse dentro del marco del SITP para realizar ajustes en el diseño operacional base. Siendo alcance del actual trabajo el análisis a partir de la variación y ajuste del tiempo de ciclo:



4.1 Mediana como variable de tendencia central

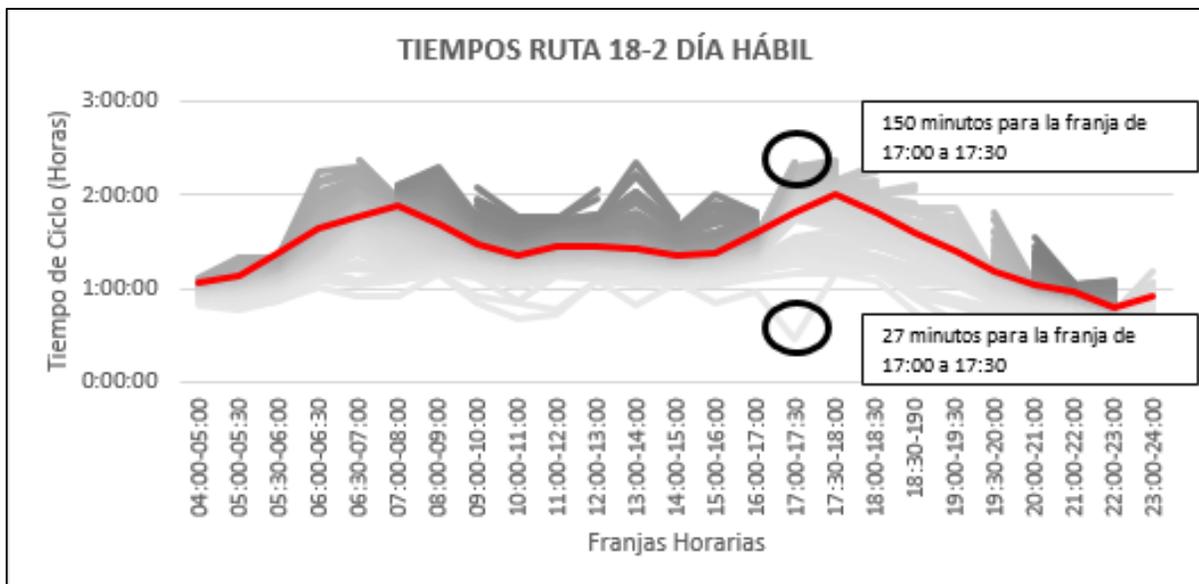
La mediana como variable de posición central, se define como la medida de tendencia central que divide la serie de datos en dos mitades o partes iguales (Tomás-Sábado, 2009).

Dado que la mediana no se ve afectada por valores muy alejados, es recomendable su uso cuando la distribución presenta valores muy extremos (Tomás-Sábado, 2009), situación que como se verá más adelante es característica de la información primaria utilizada para el estudio realizado en este trabajo.

Como se indica, la mediana es muy útil cuando en la serie de datos agrupados se tienen datos ostensiblemente extremos, ya que estos afectan la media aritmética. (BenjumeaAcevedo, 2006)

La Gráfica 4-1 permite observar los datos extremos obtenidos en los registros SIRCI de una ruta objeto de estudio:

Gráfica 4-1: Tiempos de ciclo ruta 18-2



Fuente: Elaboración propia con base en registros de tiempos del sistema SIRCI

Se observa que para la franja 17:00 a 17:30 horas se tienen registros de tiempos de ciclo de 27 minutos y 2 horas y 30 minutos. Lo anterior sustenta la necesidad del uso de la mediana como medida de tendencia central para los análisis ya que es la que menos se ve afectada por dichos datos extremos.

Dada la definición de mediana antes expuesta se establece la necesidad de organizar los datos en orden secuencial ascendente. Para determinarla se deberán seguir las siguientes reglas (Pineda, 2006):

1. Si el número de valores es impar, la mediana es el número que se localiza en la mitad de la lista.
2. Si el número de valores es par, la mediana se obtiene calculando la media de los dos números que están a la mitad.

4.2 Metodología aplicada

Una vez definido el uso de la mediana en el desarrollo de la metodología propuesta, así como su significado y cálculo, se procede a explicar la secuencia metodológica utilizada para obtener los gráficos de variación de tiempos a partir de los cuales se establecerán los rediseños operativos y cuantificarán los impactos objetos de estudio en el actual trabajo.

4.2.1 Período de tiempo a analizar

Se establece en este numeral el período del tiempo a partir del cual se obtendrán los registros de tiempos para ser procesados y analizados. Se hace necesario que los registros obtenidos para cada una de las rutas correspondan a un mismo período con el fin de tener en cuenta condiciones similares de movilidad de la ciudad.

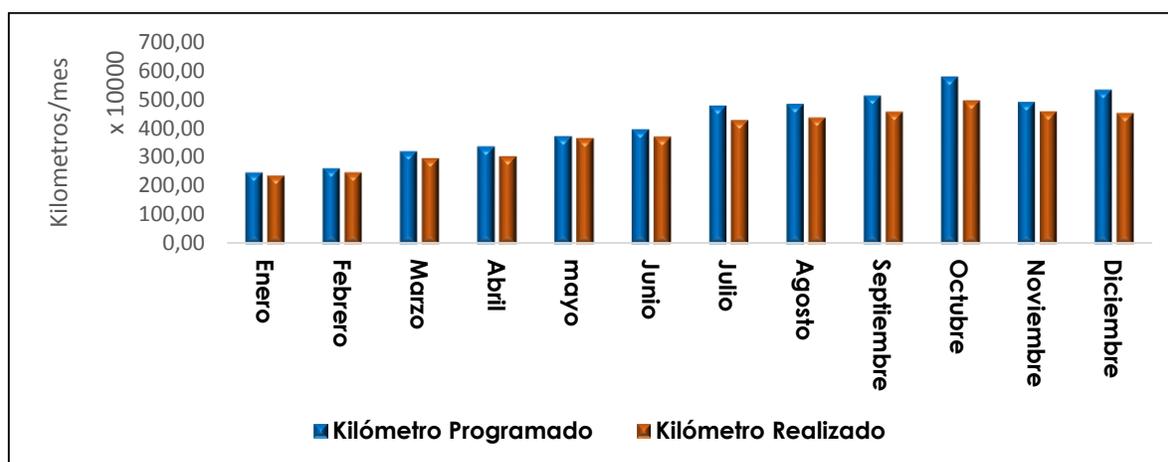
De igual manera y entendiendo que el tiempo de ciclo se define como el tiempo que demora un servicio en salir de un punto definido y retornar a este mismo, incluyendo el tiempo de paradas, se hace necesario que cada una de las rutas que serán objeto de estudio tengan un período mínimo de operación de 2 meses, tiempo en el cual se considera la ruta ha estabilizado su comportamiento en la operación y en su demanda de usuarios.

Para seleccionar el período de análisis se deberá identificar el par de meses consecutivos que mayor cantidad de servicios y kilómetros comerciales genere, período que debería coincidir con los dos últimos meses previos al procesamiento aquí expuesto.

Se debe tener en cuenta que a lo largo del año se presentan períodos atípicos conocidos bajo el nombre de períodos de estacionalidad, los cuales hacen referencia a aquellos períodos donde se presentan disminuciones en los viajes diarios que registra la ciudad. Estos coinciden con los períodos vacacionales de mitad y fin de año.¹²

La Gráfica 4-2 muestra el kilometraje programado para la zona comparando el mismo con el kilometraje real recorrido. En ella se identifica el período Septiembre 2014 – Octubre 2014 como aquel de mayor cuantía, razón por la cual se selecciona para el análisis a realizar. De igual forma la Gráfica 4-2 resalta la disminución de kilómetros en el período Noviembre – Diciembre lo cual se encuentra asociado al período de estacionalidad.

Gráfica 4-2: Comparación de kilometraje programado vs kilometraje ejecutado año 2014



Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por el operador de la zona.

¹² Según datos obtenidos de Transmilenio S.A.S durante el período de estacionalidad Noviembre 2013 -Diciembre 2013 – Enero 2014 se presentó una reducción cercana al 20% en la cantidad de pasajeros transportados en el sistema masivo.

Para la zona SITP Usaquén se estableció como período de análisis el bimestre Septiembre – Octubre de 2014. Período en el cual se tenían 34 rutas que cumplían los requisitos de más de dos meses de operación¹³ de un total de 106 rutas que deberá tener la zona SITP Usaquén.¹⁴

4.2.2 Obtención de información primaria. Depuración y organización de datos

El SIRCI como sistema de control de la información entrega registros de tiempos reales de todos y cada uno de los eventos realizados en la operación diaria de las rutas asociadas a cada una de las zonas SITP. Sin embargo en esta operación se registran un sin número de eventos que aumentan la cantidad de datos pero que no aportan información a la investigación. Estos se pueden agrupar en dos conjuntos:

- Tablas Eliminadas. Corresponden a los servicios que se dejan de prestar por retrasos en la operación.
- Tablas Perdidas. Corresponden a los servicios que se dejan de prestar por factores externos como ausencia de operador, falta de móvil o inconvenientes mecánicos, entre otros.

De igual manera se tienen gran cantidad de celdas vacías o datos erróneos los cuales deben ser depurados y eliminados.

El SIRCI al ser un sistema de control de información no solo entrega información de tiempos. Dentro de su alcance se tienen registros del número interno del móvil que presta el servicio, el código asociado al operador que presta el servicio, información de validaciones al abordar los servicios e información asociada a la configuración de la ruta, entre otros; información que aunque valiosa para otros procesos no se considera necesaria para el análisis del actual trabajo.

¹³ Para cumplir la exigencia de contar con más de tres meses de operación las rutas a analizar debieron iniciar su operación antes del 31 de Agosto de 2014

¹⁴ En entrevista realizada a la gerencia de implementación del operador encargado se informó que a corte de 31 Diciembre de 2014 dicho operador tenía un total de 60 rutas.

A continuación se ilustran las columnas finales a ser analizadas dentro de las que se destacan Hora Inicio, Hora Fin y Tiempo Real:

Tabla 4-1: Registro de tiempos - Sistema SIRCI.

Fecha	Etiqueta Línea	Ruta	Duración Teórico	Duración Real	Hora Inicio	Hora Final
01/10/2014	4	503	1:35:15	01:20:18	3:34:41	4:54:59
01/10/2014	4	503	2:05:00	01:46:56	5:06:29	6:53:25
01/10/2014	4	503	2:05:00	02:01:55	7:13:23	9:15:18
01/10/2014	4	503	1:58:45	01:50:58	9:24:48	11:15:46
01/10/2014	4	503	1:57:00	02:32:00	11:29:46	14:01:46
01/10/2014	4	503	2:05:00	02:08:36	17:29:31	19:38:07
01/10/2014	4	503	1:41:00	01:15:25	3:45:01	5:00:26
01/10/2014	4	503	2:05:00	01:39:00	5:20:56	6:59:56
01/10/2014	4	503	2:04:00	02:05:02	7:27:14	9:32:16
01/10/2014	4	503	1:56:00	01:53:57	9:39:47	11:33:44
01/10/2014	4	503	1:57:00	02:16:03	11:35:44	13:51:47
01/10/2014	4	503	1:56:00	01:52:14	13:57:01	15:49:15

Fuente: Sistema SIRCI - 2014

A continuación se hace una breve descripción de los enunciados antes referenciados en la Tabla 4-1

- Fecha: hace referencia al día, mes y año en el cual se generó ese registro.
- Etiqueta Línea: corresponde a la nomenclatura de la ruta objeto de análisis.
- Ruta: hace referencia al sentido de operación, es decir el par Origen – Destino del cual está cubriendo la ruta.
- Duración Teórico: es el tiempo para el cual ha sido programado el servicio.
- Duración Real: corresponde al tiempo real de la operación del servicio de la ruta analizada.
- Hora Inicio: indica la hora de inicio de la prestación del servicio por parte del operador asignado.
- Hora Final: indica la hora en la cual se culmina el servicio.

Dado que la cantidad de viajes generados para un día sábado y un día festivo, disminuyen con relación a un día hábil y que de igual manera las políticas de transporte¹⁵ de la ciudad difieren entre estos tres tipos de día se hace necesario discriminar de igual manera los registros obtenidos.

Para este fin se establecen como registros de tiempos de día hábil aquellos generados de lunes a viernes, para día sábado se establecen los registros bajo este mismo nombre y para día domingo y festivo, se determinan registros bajo este último nombre. Al final del ejercicio solo se tendrán registros agrupados por estos tres tipos día: hábil, sábado y festivo.

Una vez depurada la información se procede a organizar los datos obtenidos en orden ascendente, esto se hace necesario para el posterior cálculo de los cuartiles y la mediana.

4.2.3 Cálculo de franjas de operación.

En esta etapa se determinan las franjas de operación a partir de las cuales se asignan los nuevos tiempos de ciclo. Lo anterior se requiere debido a que los viajes realizados por los usuarios defieren a lo largo del día, de igual manera las políticas de movilidad de la ciudad se aplican durante franjas específicas incidiendo directamente en los tiempos de viaje. La encuesta de movilidad de la ciudad de Bogotá para el año 2011, determinó que para día hábil se presentan tres picos marcados en las horas de inicio de viajes de los usuarios, situación no típica de un día sábado. La Figura 4-1 muestra la distribución de viajes antes expuesta.

15 La política de pico y placa para la ciudad de Bogotá según decreto 271 de 2012 establece el pico y placa para vehículos particulares los días hábiles de la semana de acuerdo al último dígito de la placa única nacional. El decreto 444 de 2104 determinó el pico y placa para el transporte público colectivo aplicando una restricción de lunes a sábado durante todo el día.

Figura 4-1: Comparación de viajes en día hábil y sábado para la ciudad de Bogotá



Fuente: Secretaría distrital de movilidad (2011).

Para el desarrollo de este trabajo y en búsqueda de generar cálculos lo más aproximado posible a la realidad de la operación se establecerán franjas horarias de una hora de diferencia, garantizando que la variación del tiempo de ciclo no supere los 15 minutos entre franjas. En caso de presentarse una diferencia mayor, la franja se establecerá con diferencia de 0,5 horas (30 minutos). Se determinará el tiempo de ciclo para cada una de estas franjas a partir del cálculo de la mediana respectiva.

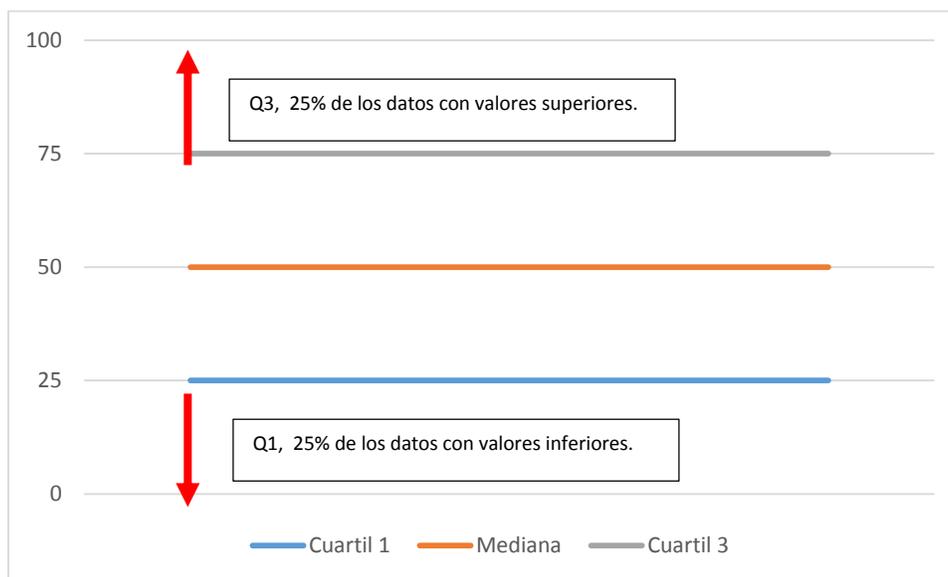
4.2.4 Cálculo de los cuartiles

Se denominan cuartiles los tres valores que dividen a los datos de la variable en cuatro partes iguales. (BenjumeaAcevedo, 2006). Los cuartiles como medidas de posición permiten describir la dispersión de un conjunto de datos agrupados.

El cuartil 1 (Q1), define el dato a partir del cual se tiene un 25% de datos con valores inferiores a este o en su defecto un 75% de datos con valores superiores a este. Por su parte el cuartil 3 (Q3) establece aquel dato a partir del cual se tiene un 25% de datos con valores superiores a este o un 75% de datos con valores inferiores al mismo. Así mismo el cuartil 2 (Q2) corresponde a la mediana de los datos (Levin, 2004).

La Gráfica 4-3 representa la explicación antes expuesta,

Gráfica 4-3: Representación de cuartiles y mediana.



Fuente: Elaboración propia con base en (Berenson, 2006)

Para el desarrollo de la metodología se calculan para cada tipo de día los valores del cuartil 1 y del cuartil 3, los cuales definen los datos a eliminar con el fin de obtener una muestra de datos agrupados que no se disperse por efecto de valores extremos.

Una vez calculados los cuartiles 1 y 3, se procede a eliminar aquellos valores ubicados por fuera de los resultados obtenidos. Lo anterior garantiza que los datos finales a analizar se encuentren dentro del rango intercuartil¹⁶.

4.2.5 Determinación de la mediana

Definidas las franjas de operación se procede a agrupar los registros de tiempo de acuerdo con el horario en el que se dio inicio al servicio. Para este fin se selecciona el dato de la celda hora de inicio con su dato de duración real asociado. Al finalizar dicha asociación se deberá tener una muestra total de datos para cada franja horaria.

Dado que ya previamente se han depurado los registros, eliminando aquellos que se encuentran por fuera del rango intercuartil se realiza el cálculo de la mediana para cada franja horaria.

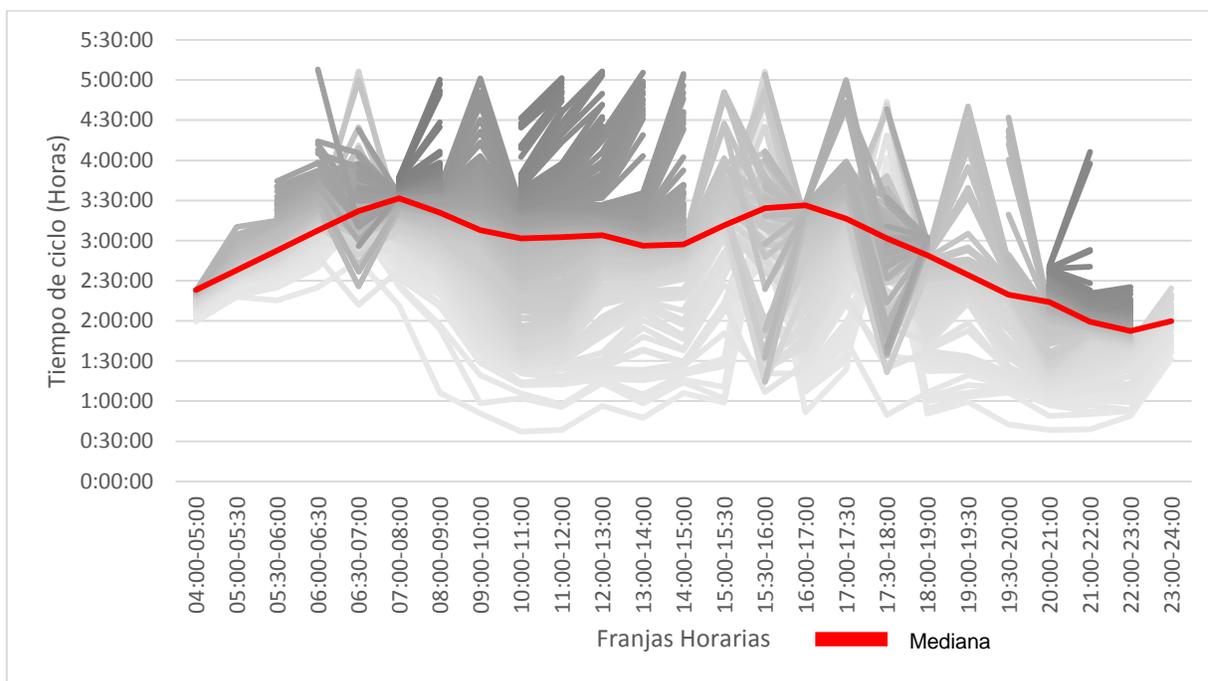
4.2.6 Elaboración de gráficas de registros de tiempos y mediana.

Establecida la mediana para cada franja de operación, se continúa el procedimiento con la elaboración de las gráficas de tiempos de ciclo obtenidos en la operación así como con el valor de la mediana.

Se manejará como unidades del eje horizontal las franjas horarias establecidas. Por su parte el eje vertical tendrá asociado el tiempo de ciclo en horas. Se muestra a continuación el gráfico tipo a manejar donde con color rojo se resalta la mediana:

¹⁶ El rango intercuartil se define como la diferencia entre el tercer y el primer cuartil de un conjunto de datos. El rango intercuartil mide la dispersión en la mitad (parte central) de los datos, así que no se ve influido por los valores extremos. (Berenson, 2006)

Gráfica 4-4: Tiempos de ciclo y mediana



Fuente: Elaboración propia con base en registros de tiempos del sistema SIRCI.

Se debe tener presente el esquema operativo establecido para cada ruta con el fin de obtener las gráficas reales por sentido de circulación.¹⁷

4.2.7 Elaboración de fichas técnicas

Una vez obtenidas las gráficas de tiempos y de la mediana, se procede a realizar una ficha técnica por cada ruta, la cual contiene además de las gráficas antes detalladas, la información del referente de diseño del tiempo de ciclo de la ruta, así como el análisis realizado para cada ruta, cuantificando la variación del tiempo de ciclo y su impacto en el diseño operacional para alcanzar los valores inicialmente establecidos para su operación.

Además de lo anterior cada ficha contiene la siguiente información:

¹⁷ En el capítulo 1 se explica la existencia de dos tipos de esquemas operativos para las rutas del SITP. Configuración Circular, para aquellas rutas que manejan un único punto como nodo de inicio y fin de ruta. Configuración de doble cabecera, que hace referencia a rutas que manejan dos nodos para puntos de inicio y fin de rutas.

- Ruta: identifica la nomenclatura de la ruta objeto de estudio.
- Denominación: es el nombre dado a la ruta. Identifica los barrios origen – destino.
- Tipo de ruta: diferencia entre ruta Urbana, Complementaria o Especial
- Tipología de flota: muestra el tipo de vehículo con la cual se presta el servicio (padrón, bus, buseta o microbús)
- Período: hace referencia al período de análisis de los registros.
- Fecha: indica la fecha de elaboración de la ficha, diferente a la fecha de la toma de información.
- Esquema operativo: permite diferenciar entre ruta circular o con doble punto inicio-fin.

Se muestra a continuación el formato de ficha diseñado para este trabajo, el cual hace parte fundamental de la metodología y cuyo contenido fue antes descrito:

Figura 4-2: Diseño de la ficha técnica para presentación de gráficas de análisis

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA ____			
Ruta:	Denominación:	Tipo de ruta:	Tipología:
Período:	Fecha:	Esquema Operativo:	
Espacio para gráficas			
Análisis: _____			

Fuente: Elaboración propia

4.2.8 Análisis de resultados

Corresponde a la última etapa de la metodología desarrollada. En esta etapa se procede a cuantificar la afectación total de la flota con la variación de los tiempos. Así como la variación de los indicadores IKB (Índice de Kilómetros por Bus) e ICB (Índice de Conductor por Bus).

Para esta etapa se deberá tener en cuenta los resultados obtenidos de cada una de las gráficas de cada ruta así como sus respectivos análisis, cuantificando la variación porcentual obtenida

5. Fichas técnicas

Se presenta en este capítulo un ejemplo de una ficha técnica elaborada la cual como se explicó en el capítulo anterior incluye el resultado en forma gráfica del procesamiento de la información real y depurada para cada ruta así como el análisis respectivo de resultados con las recomendaciones operativas basadas en dicho análisis. Las 34 fichas elaboradas constituyen el resultado de este trabajo final y el aporte del autor para el mejoramiento del diseño operacional referente y se pueden observar en el anexo B del actual documento

La Tabla 5-1 resume las rutas analizadas y que cuentan con la respectiva ficha técnica

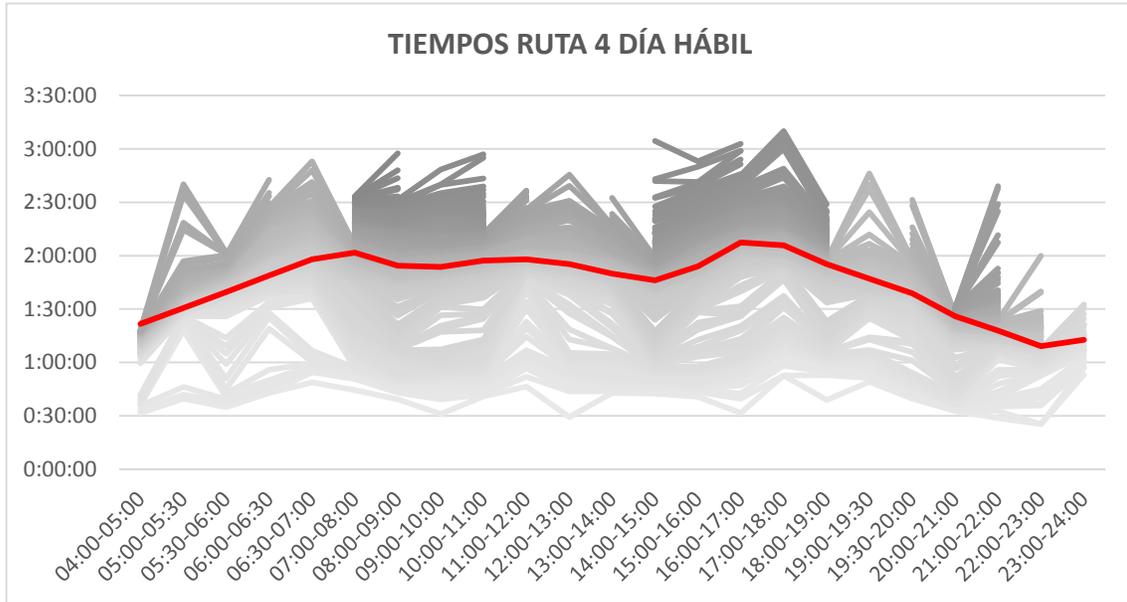
Tabla 5-1: Rutas analizadas

Nombre Ruta	Ruta	Tipo Ruta	Vehículo Óptimo	Flota
A010002	4	Urbana	Bus	13
A010501	37	Urbana	Microbús	25
A010601	200	Urbana	Bus	33
A010802	270	Urbana	Bus	37
A010905	283	Urbana	Buseta	23
A010701	291	Urbana	Bus	28
A011201	330	Urbana	Bus	47
A010906	341	Urbana	Padrón	74
A010502	402	Urbana	Bus	44
A010503	403	Urbana	Buseta	49
A010505	466	Urbana	Bus	34
A011203	489	Urbana	Buseta	22
A011002	639	Urbana	Padrón	43
A011204	661	Urbana	Buseta	33
A010910	781	Urbana	Buseta	33
A010104	18-2	Complementaria	Padrón	6
A010105	18-5	Complementaria	Padrón	6
C010108	18-11	Especial	Microbús	2
E010001	18-12	Especial	Microbús	2
A010001	544B	Urbana	Padrón	27
A010309	C142	Urbana	Bus	20
A010507	C25	Urbana	Padrón	21
A010402	C37	Urbana	Padrón	21
A011106	C53	Urbana	Bus	37
A010702	C77	Urbana	Bus	30
A010312	E17	Urbana	Bus	28
A010313	E23	Urbana	Bus	13
A010314	E26B	Urbana	Bus	19
A010315	E43	Urbana	Bus	17
A011206	E44	Urbana	Bus	38
A010509	P49	Urbana	Bus	37
A010810	Z13	Urbana	Bus	28
A010811	Z4	Urbana	Bus	47
A010912	Z8	Urbana	Buseta	34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-2: Tiempo de ciclo ajustado ruta 4

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 4			
Ruta: 4	Denominación: San Luis – San Fernando	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014		Fecha: Enero - 2015	Esquema Operativo: Circular



Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 2 horas y 7 minutos (127 minutos) en la franja de 16 a 17 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 54 minutos de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 13 buses y una frecuencia de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 73 minutos, lo cual genera la necesidad de 19 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración Propia

6. Análisis de resultados

Una vez elaboradas las fichas por cada ruta se procedió a cuantificar la afectación de los cambios identificados sobre variables operativas objeto de estudio (flota e intervalo de operación) así como en los indicadores IKB e ICB.

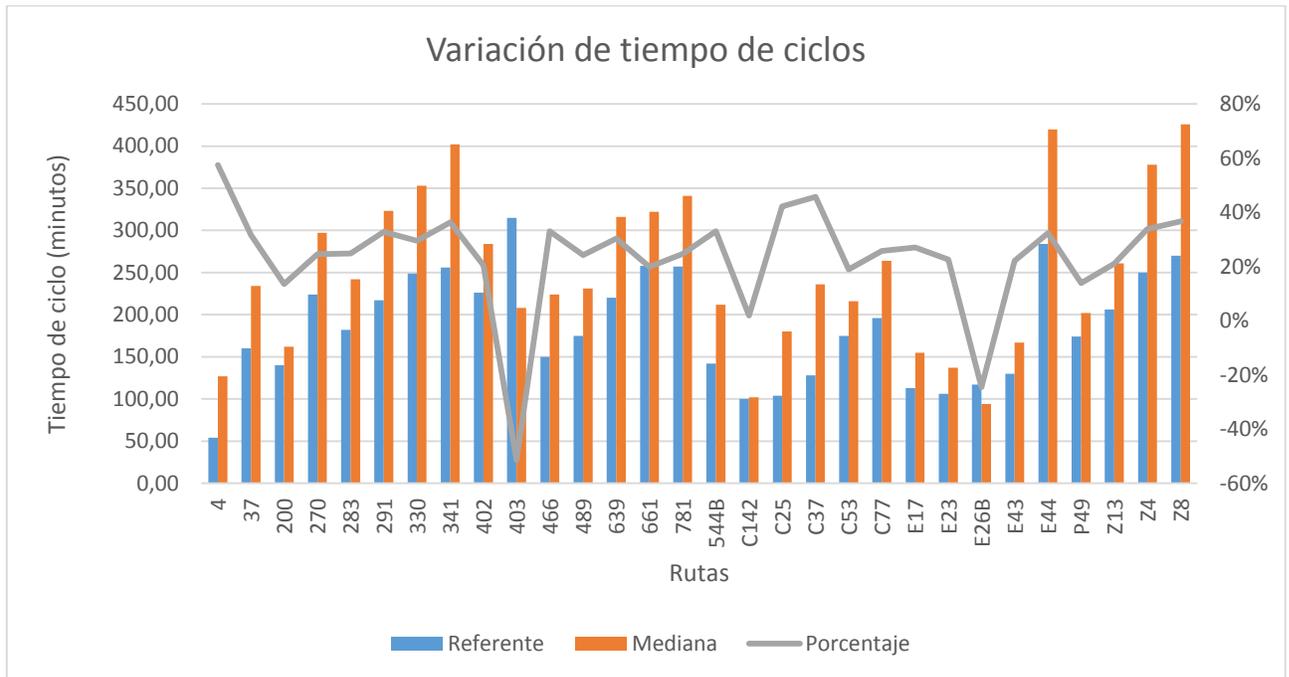
6.1 Impactos en la flota y en los intervalos de operación

Para este análisis se dividen las rutas según su tipología. Lo anterior con base en la descripción hecha para cada una de estas en el capítulo 1 así como también en el objetivo final de cada tipo de ruta, lo cual permite entender la magnitud de los impactos que a continuación se describen.

6.1.1 Rutas urbanas

Al tener las mayores longitudes de trazado, así como por caracterizarse por utilizar los principales corredores viales de la ciudad, se logró concluir que fueron las rutas de mayor aumento en los tiempos de ciclo y por consiguiente las de mayor impacto.

La Gráfica 6-1 permite ver ruta a ruta la comparación del tiempo de ciclo de diseño contra el tiempo de ciclo obtenido luego del desarrollo de la metodología del actual trabajo con su respectivo porcentaje de variación.

Gráfica 6-1: Variación de tiempos de ciclo para rutas urbanas zona Usaquén

Fuente: Elaboración propia

Se logró determinar que las mayores variaciones oscilan entre un 20% y un 50%. De un total de 30 rutas analizadas, 23 obtuvieron registros dentro de este margen.

La ruta que mayor afectación tuvo fue la ruta 4: San Luis – San Fernando, con un incremento en su tiempo de ciclo del 57%, pasando de 54 minutos a 127 minutos.

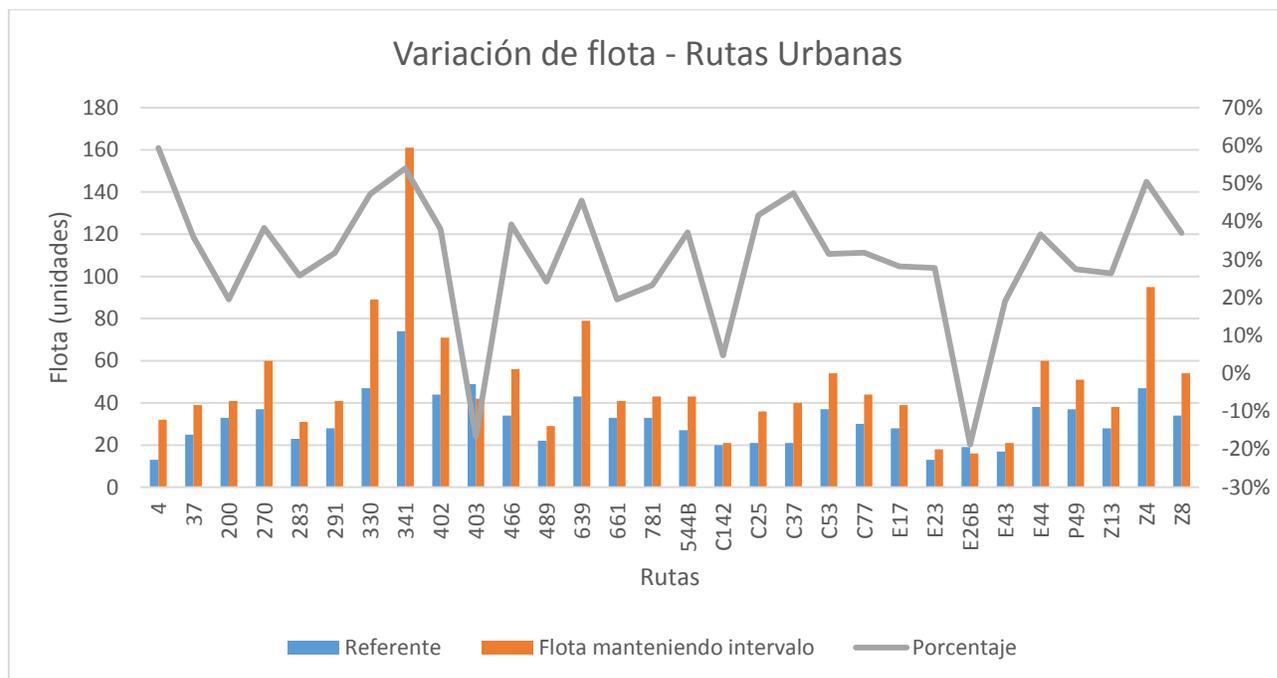
Se identificó el fenómeno de dos rutas que su tiempo de ciclo actual calculado a partir de la metodología desarrollada, fue inferior al diseñado. Dichas rutas son la 403 y la E26B. Al indagar con Tranmilenio S.A., así como con el operador de la zona se evidenciaron fuertes cambios en las mismas. En la primera de estas se decidió generar 2 rutas distintas que utilizaron corredores viales distintos a los diseñados. Para la segunda ruta la razón obedece en lo explicado en su respectiva ficha donde se informa que la ruta actualmente no opera en la totalidad de su recorrido.

Se encontró para la ruta C142 que no hubo variación con respecto al referente.

La aplicación de la metodología desarrollada para este trabajo permitió cuantificar un déficit de 530 vehículos para todas las rutas urbanas de la zona, es decir, con el fin de realizar la

operación de las 30 rutas analizadas de acuerdo con los diseños operativos establecidos en el anexo técnico para la zona SITP Usaquén se requieren 530 vehículos adicionales. Se presenta a continuación la Gráfica 6-2 que permite ver esta variación:

Gráfica 6-2: Variación de flota rutas urbanas



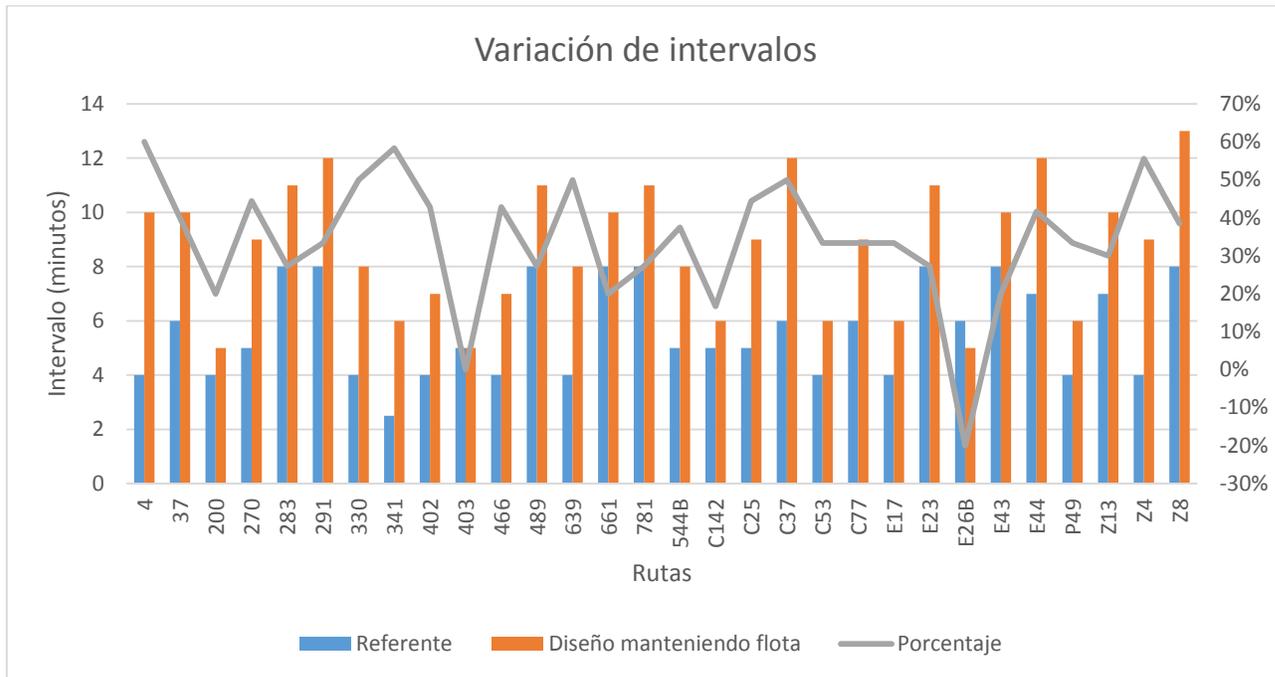
Fuente: Elaboración propia

Se identifica la ruta 4, como la ruta de mayor déficit de vehículos, con un porcentaje de necesidad de aumento de su flota en un 60%, equivalente a 19 vehículos. De igual manera se establecen la ruta 341 y Z4 como dos servicios de alto déficit al manejar porcentajes que superan el 50% de necesidad de flota.

Al analizar el impacto en los intervalos y por consiguiente en las frecuencias¹⁸, se identificó que en promedio cada ruta analizada debería operar por diseño referente con un intervalo de 6 minutos, generando así una frecuencia de 12 vehículos/hora. Sin embargo cada una de estas rutas opera con intervalos de 9 minutos y frecuencias de 8 vehículos/hora.

¹⁸ Frecuencia medida en vehículos/hora

Gráfica 6-3: Variación de intervalos rutas urbanas



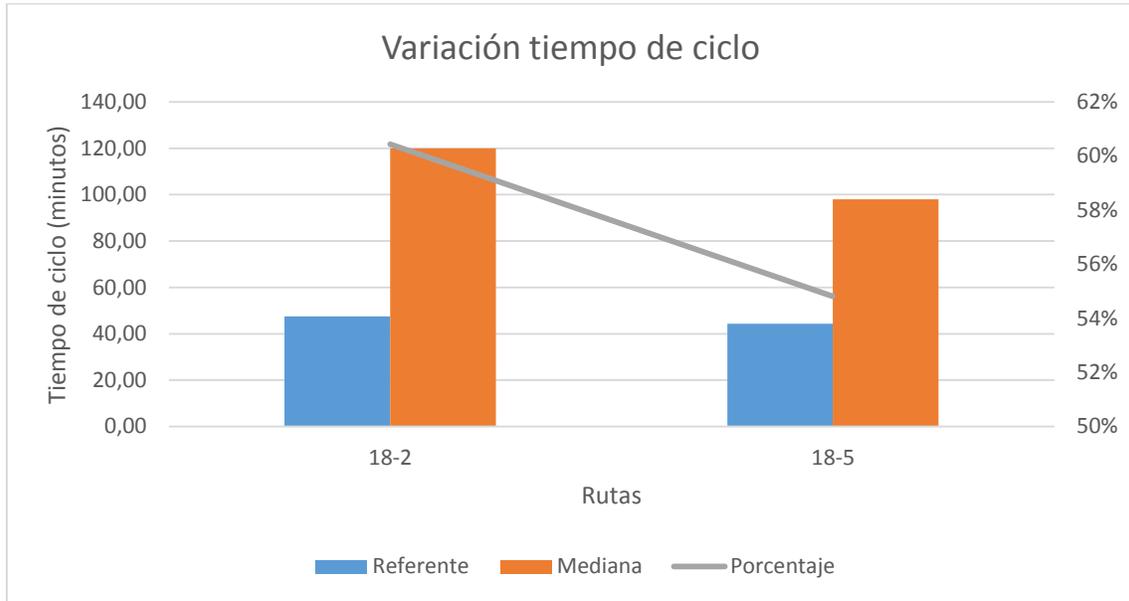
Fuente: Elaboración propia

Resaltan las variaciones entre el 30% y el 40% en el aumento de los intervalos de operación.

6.1.2 Rutas complementarias

Para el período típico de operación seleccionado con base en el cual se elaboró el actual documento, la zona SITP Usaquén solo contaba con la operación de 2 rutas complementarias para las cuales se detectaron variaciones importantes en sus tiempos de ciclos asociados.

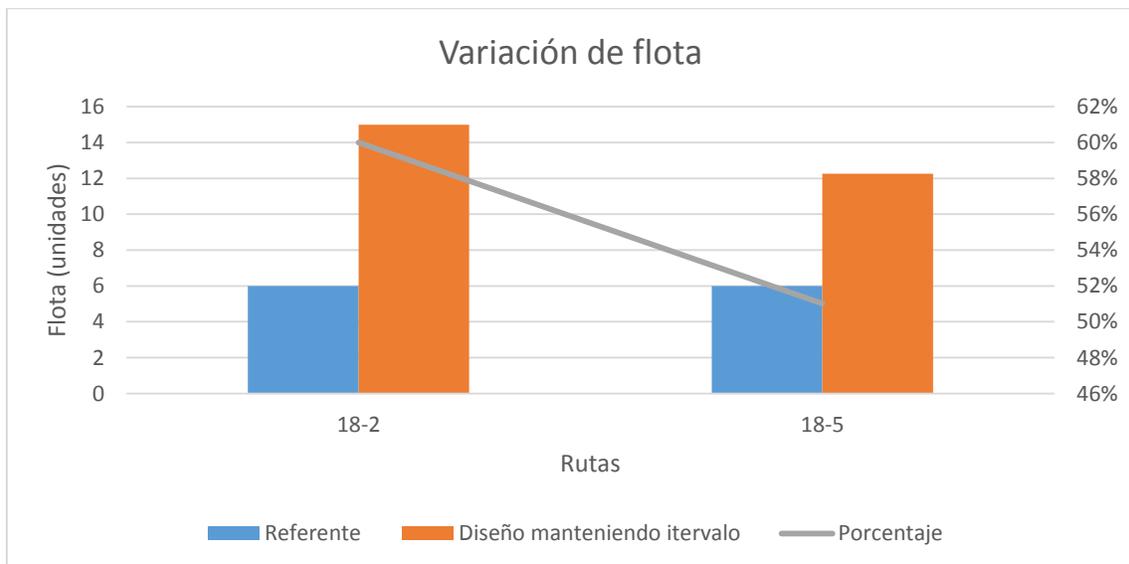
Gráfica 6-4: Variación tiempos de ciclo - rutas complementarias



Fuente: Elaboración propia

Para la ruta 18-2 se presenta una variación del 60% entre lo diseñado y lo obtenido a través de la metodología utilizada. De igual forma para la ruta 18-5 se obtuvo un aumento cercano al 55% en su tiempo de ciclo. Lo anterior implica la necesidad de 9 y 6 vehículos adicionales respectivamente, lo que significa un porcentaje mayor al 50% de la flota para obtener el intervalo objetivo de 8 minutos para cada una de éstas.

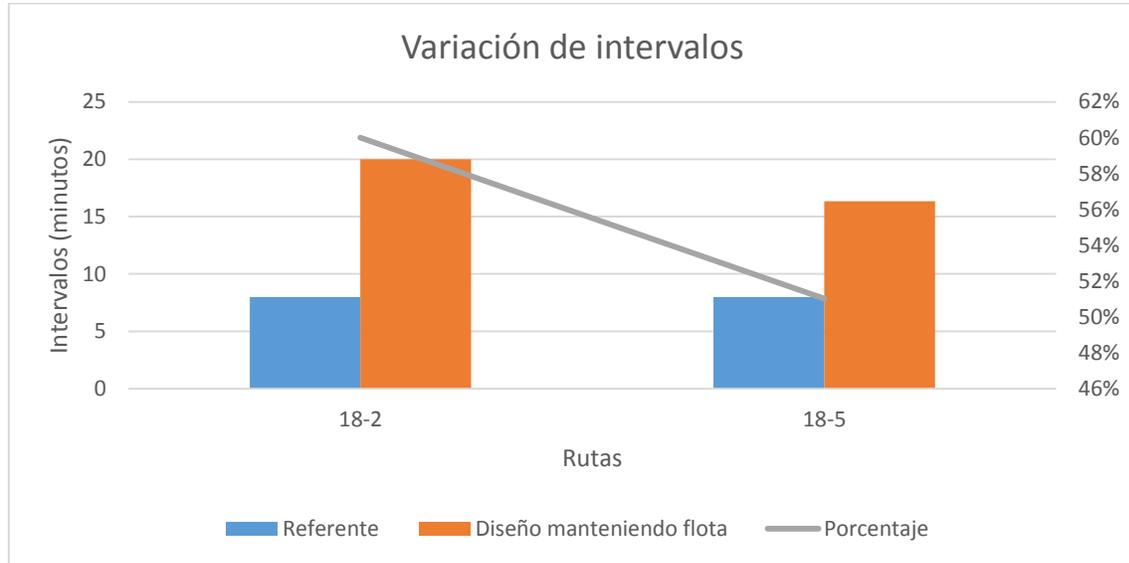
Gráfica 6-5: Variación de flota - Rutas complementarias



Fuente: Elaboración propia

Para estas rutas se obtuvo un incremento del 60% y 50% respectivamente en los intervalos de operación pasando de 8 a 20 minutos para la ruta 18-2 y de 8 a 16 minutos para la ruta 18-5.

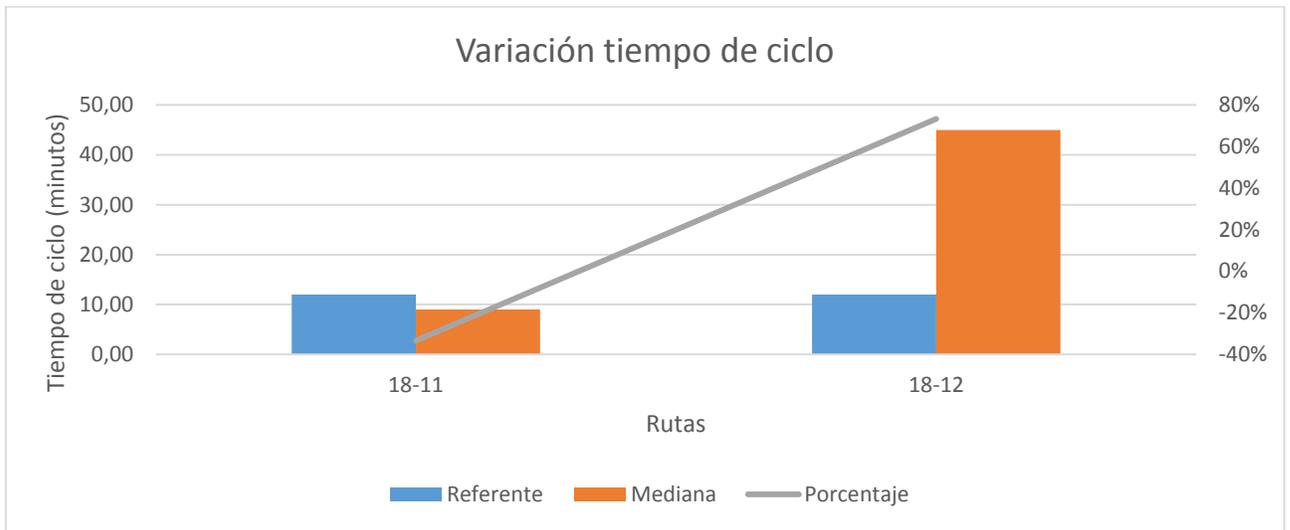
Gráfica 6-6: Variación de intervalos - Rutas complementarias



Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Rutas Especiales

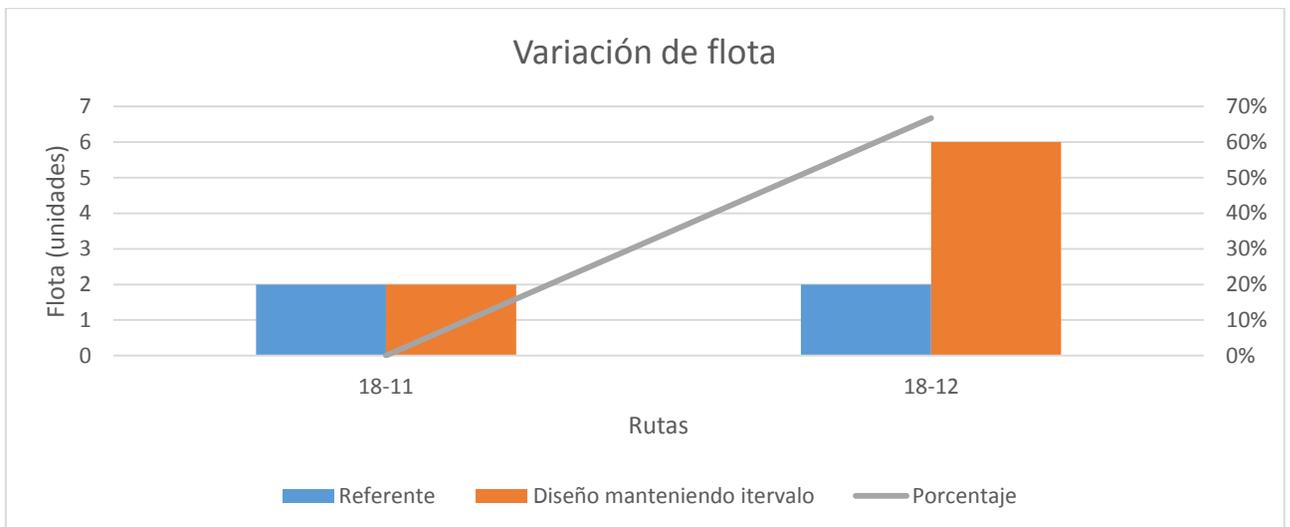
Para el período típico de operación seleccionado con base en el cual se elaboró el actual documento, la zona SITP Usaquén solo contaba con la operación de 2 rutas especiales. En contra de lo esperado dichas rutas presentaron variaciones atípicas en las cuales una de estas tuvo una disminución de 3 minutos, mientras la otra un aumento de 33 minutos en sus respectivos tiempos de ciclo. Los resultados se presentan a continuación en la Gráfica 6-7:

Gráfica 6-7: Variación tiempos de ciclo - rutas especiales

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia una disminución superior al 30% para la ruta 18-11, así como un aumento superior al 60% para la ruta 18-12.

La Gráfica 6-8 permite ver el impacto en la flota:

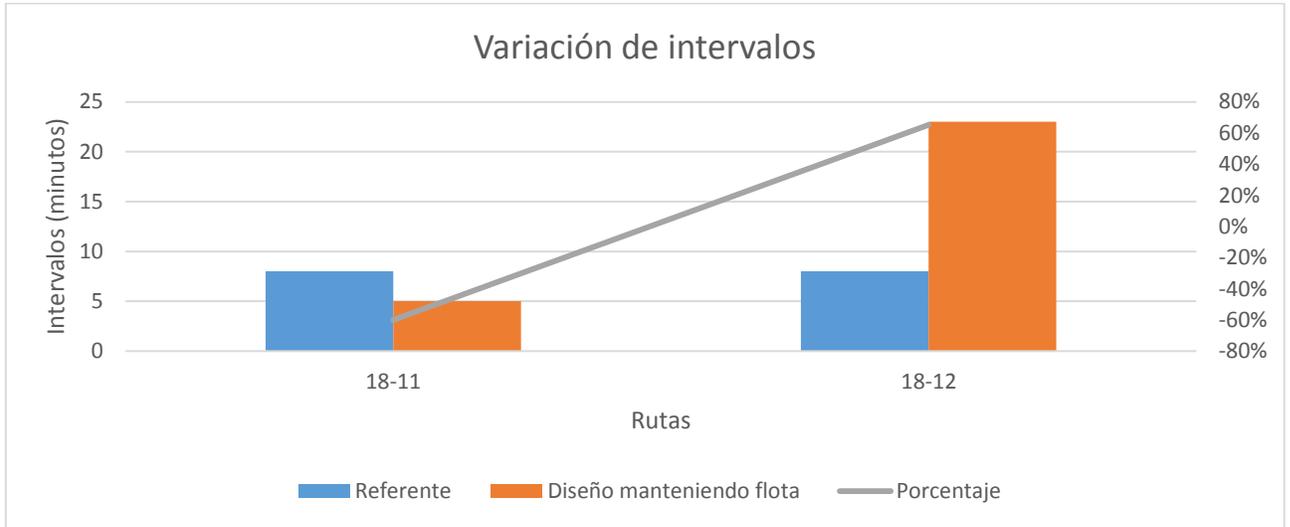
Gráfica 6-8. Variación de flota - rutas especiales.

Fuente: Elaboración propia

Se determina una necesidad de aumento de 4 vehículos para la operación de la ruta 18-12, que permita atender la frecuencia objetivo de la ruta.

La Gráfica 6-9 permite ver la cuantificación en los intervalos de despacho con los registros obtenidos manteniendo la flota actual.

Gráfica 6-9. Variación de intervalos - rutas especiales



Fuente: Elaboración propia

Se presenta la ruta 18-12 con una afectación superior al 60% como la ruta de mayor variación en la frecuencia ofertada, al pasar de 8 minutos de intervalo referente a 23 minutos con los tiempos obtenidos en el desarrollo del actual documento.

Los valores antes descritos se deben entender desde la óptica que dicha rutas tienen dentro de su diseño referente, una flota mínima que no supera los 2 vehículos por ruta, dicha condición repercute en que cualquier variación impacte cuantitativamente en grandes porcentajes.

6.2 Propuesta de diseño operativo para alcanzar niveles de servicios licitados.

Dado que en el alcance del actual trabajo final de maestría se propone un diseño operativo actualizado en función del tiempo de ciclo para las rutas analizada, se presenta a continuación el diseño para un día hábil basado en los resultados encontrados, el cual permite a partir del incremento de la flota operativa, alcanzar los niveles de servicio estipulados en el anexo técnico entregado por la firma consultora como diseño referente. Este rediseño contempla el uso de 549 vehículos adicionales.

Para el cálculo de la flota de cada una de las rutas analizadas se procedió a realizar el cociente entre el tiempo total obtenido y el intervalo pico establecido en el diseño referente de la ruta. El valor obtenido se aproxima al entero mayor.

$$Flota = \frac{\text{tiempo de ciclo (minutos)}}{\text{intervalo pico (minutos)}}$$

La frecuencia óptima medida como el número de vehículos por hora. Se obtiene de dividir 60 sobre el intervalo en pico.

$$Frecuencia \left(\frac{veh}{hora}\right) = \frac{60}{\text{intervalo pico (minutos)}}$$

Tabla 6-1: Rediseño operativo - Rutas analizadas zona SITP Usaquén.

Ruta	Tipo ruta	Vehículo óptimo (pax)	Tiempo ciclo (min)	Flota	Intervalo pico (min)	Frecuencia óptima (veh/hora)
4	Urbana	50	127	32	4	15
37	Urbana	19	234	39	6	10
200	Urbana	50	162	41	4	15
270	Urbana	50	297	60	5	12
283	Urbana	40	242	31	8	8
291	Urbana	50	323	41	8	8
330	Urbana	50	353	89	4	15
341	Urbana	80	402	161	2.5	24
402	Urbana	50	284	71	4	15
403	Urbana	40	208	42	5	12

Ruta	Tipo ruta	Vehículo óptimo (pax)	Tiempo ciclo (min)	Flota	Intervalo pico (min)	Frecuencia óptima (veh/hora)
466	Urbana	50	224	56	4	15
489	Urbana	40	231	29	8	8
639	Urbana	80	316	79	4	15
661	Urbana	40	322	41	8	8
781	Urbana	40	341	43	8	8
18-2	Complementaria	80	120	15	8	8
18-5	Complementaria	80	98	13	8	8
18-11	Especial	19	9	2	8	8
18-12	Especial	19	45	6	8	8
544B	Urbana	80	212	43	5	12
C142	Urbana	50	102	21	5	12
C142	Urbana	50	102	21	5	12
C25	Urbana	80	180	36	5	12
C37	Urbana	80	236	40	6	10
C53	Urbana	50	216	54	4	15
C77	Urbana	50	264	44	6	10
E17	Urbana	50	155	39	4	15
E17	Urbana	50	155	39	4	15
E23	Urbana	50	137	18	8	8
E23	Urbana	50	137	18	8	8
E26B	Urbana	50	94	16	6	10
E26B	Urbana	50	94	16	6	10
E43	Urbana	50	167	21	8	8
E43	Urbana	50	167	21	8	8
E44	Urbana	50	420	60	7	9
P49	Urbana	50	202	51	4	15
Z13	Urbana	50	261	38	7	9
Z4	Urbana	50	378	95	4	15
Z8	Urbana	40	426	54	8	8

Fuente: Elaboración propia

6.3 Impacto en el indicador de kilómetro/bus/día

Como su nombre lo indica este indicador mide la cantidad de kilómetros que recorre cada unidad durante un día operativo. Para su cálculo se dividen los kilómetros totales obtenidos de la operación de una ruta en un período tipo sobre la flota total de diseño.

Dado que en los pliegos licitatorios no se plantea dicho indicador, ni se tiene una línea base del mismo para cada ruta, se procede a realizar el cálculo del mismo con base en el diseño operacional referente.

La Figura 4-1 tomada de la encuesta de movilidad, refleja tres picos marcados en las horas de inicio de viajes de los habitantes de la ciudad, picos en los cuales se deberá contar con la totalidad de la flota de diseño en operación. Lo anterior de acuerdo al manual de operaciones del componente zonal del SITP, establecido por Transmilenio S.A., el cual dictamina entre otros como principales parámetros técnicos a tener en cuenta al momento de elaborar el PSONT¹⁹ los siguientes:

- Manejo adecuado de la demanda estimada para el período de diseño.
- Niveles de ocupación que representen comodidad a los usuarios y un uso eficiente de la flota, con niveles promedio de ocupación teóricos superiores al 90% en el período pico en los tramos más cargados y de máximo un 80% en los períodos valle en los tramos más cargados.
- Intervalo entre vehículos de un mismo servicio en la hora pico.
- Plan diario de oferta acorde con el perfil diario de demanda.

De igual manera dicho manual establece que *“La programación que proponga el operador zonal deberá estar sustentada en estudios que se deben realizar como mínimo bimestralmente. En estos estudios, el operador zonal deberá medir la magnitud de la demanda de la zona, la distribución de la misma y prever las variaciones que puedan*

¹⁹ PSONT son las siglas para referirse al programa de servicios de operación no troncal, el cual incluye todos aquellos parámetros de operación que el operador debe cumplir para alcanzar el nivel de servicio y estándares de operación del Sistema Integrado de Transporte Público. (TransmilenioS.A., 2011)

presentarse, además de realizar las proyecciones que se requieran para días tipo correspondientes a cada zona o zonas cuando éstas sean compartidas, a fin de garantizar que la programación de servicios propuesta por el operador zonal está acorde con las necesidades del servicio” (TransmilenioS.A., 2011).

Se definen las franjas de 5 a 7 horas, de 11 a 13 horas y de 16 a 18 horas, como franjas pico en las cuales se deberá contar con la totalidad de la flota en la operación. De igual manera al revisar las curvas de las horas de inicio de viaje para día hábil de la ciudad de Bogotá se establece una reducción del 50% para los períodos denominados valle (de 7 a 11 horas, de 13 a 16 horas y de 18 a 23 horas). Para efectos del desarrollo del actual trabajo, se aplicará igual proporción de reducción en la oferta de servicios por ruta.

La fórmula muestra cómo se calcula el indicador IKB de una ruta

$$IKB = \frac{\text{Long. total de la ruta (km)} * \left[\text{Frec. Pico} \left(\frac{\text{veh}}{\text{hora}} \right) * \text{Horas pico} + \text{Frec. Valle} \left(\frac{\text{veh}}{\text{hora}} \right) * \text{Horas valle} \right]}{\text{flota}}$$

Se presenta entonces en la Tabla 6-2 el indicador de kilómetro/bus/día obtenido a partir de los tiempos de diseño referente entregados en el anexo técnico para la zona SITP Usaquén así como dicho indicador a partir de los tiempos obtenidos con la aplicación de la metodología desarrollada. De igual manera se presenta el porcentaje de variación entre cada uno de estos.

Tabla 6-2: Comparación de indicador IKB a partir de tiempo de diseño operativo referente vs IKB a partir de tiempo ajustado.

Ruta	Tipología de servicio	IKB (Tiempo referente)	IKB (Tiempo ajustado)	Variación km/bus
4	Urbana	321,1	128,4	60,0%
37	Urbana	174,4	104,6	40,0%
200	Urbana	239,0	191,2	20,0%
270	Urbana	257,5	161,4	37,3%
283	Urbana	220,7	165,5	25,0%
291	Urbana	220,0	151,8	31,0%
330	Urbana	324,0	172,8	46,7%
341	Urbana	311,2	129,7	58,3%
402	Urbana	245,2	155,6	36,5%
403	Urbana	222,6	222,6	0,0%
466	Urbana	212,0	134,6	36,5%

Ruta	Tipología de servicio	IKB (Tiempo referente)	IKB (Tiempo ajustado)	Variación km/bus
489	Urbana	234,3	175,7	25,0%
639	Urbana	281,6	150,2	46,7%
661	Urbana	224,4	168,3	25,0%
781	Urbana	220,2	165,1	25,0%
18-2	Complementaria	230,3	101,3	56,0%
18-5	Complementaria	239,0	119,5	50,0%
18-11	Especial	150,0	225,0	50,0%
18-12	Especial	191,0	84,0	56,0%
544B	Urbana	225,3	150,2	33,3%
C142	Urbana	221,8	184,8	16,7%
C25	Urbana	198,0	124,1	37,3%
C37	Urbana	243,9	134,6	44,8%
C53	Urbana	257,7	171,8	33,3%
C77	Urbana	238,4	179,3	24,8%
E17	Urbana	212,4	141,6	33,3%
E23	Urbana	224,4	168,3	25,0%
E26B	Urbana	246,3	295,6	20,0%
E43	Urbana	210,1	157,5	25,0%
E44	Urbana	252,7	155,0	38,7%
P49	Urbana	264,7	176,5	33,3%
Z13	Urbana	255,3	170,2	33,3%
Z4	Urbana	283,9	142,3	49,9%
Z8	Urbana	219,9	151,7	31,0%

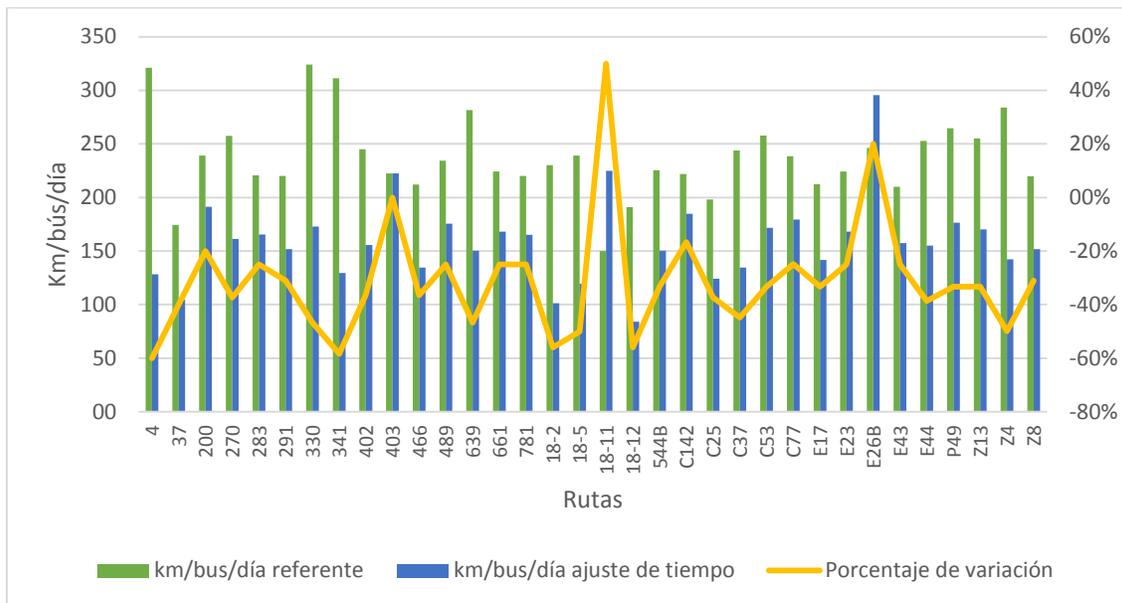
Fuente: Elaboración propia con base anexo técnico para la zona SITP Usaquén y metodología desarrollada.

La Gráfica 6-10 presenta una comparación ruta a ruta del indicador, el cual refleja un resultado consecuente con los resultados de variación de flota e intervalos expuestos en este capítulo.

Las rutas E26B y 18-11 corresponden a las dos únicas rutas con aumento en este indicador.

Con excepción de las dos rutas antes referenciadas, las demás presentaron disminuciones que oscilan entre el 20% y el 60%, siendo la ruta 4 la que mayor impacto tuvo en este ítem, con una disminución cercana al 60%.

Gráfica 6-10: Comparación de kilómetros/bus/día por ruta



Fuente: Elaboración propia

6.4 Impacto en el indicador conductor/bus

Se define el ICB o Indicador de Conductor por Bus como la cantidad de conductores necesarios por unidad de transporte para realizar la operación durante un día típico de operación. Para ser determinado se debe calcular el tiempo total de conducción programado en la operación diaria de la ruta objeto de estudio para luego dividir dicho valor por el tiempo máximo de conducción avalado por Transmilenio S.A. como ente regulador²⁰. Dicho resultado deberá ser dividido por la flota total de diseño.

La fórmula muestra el cálculo del indicador ICB

$$ICB = \frac{\text{Tiempo de ciclo (min.)} * \left[\text{Frec. Pico} \left(\frac{\text{veh}}{\text{hora}} \right) * \text{Horas pico} + \text{Frec. Valle} \left(\frac{\text{veh}}{\text{hora}} \right) * \text{Horas valle} \right]}{\text{tiempo max de conducción (min.)} * \text{flota}}$$

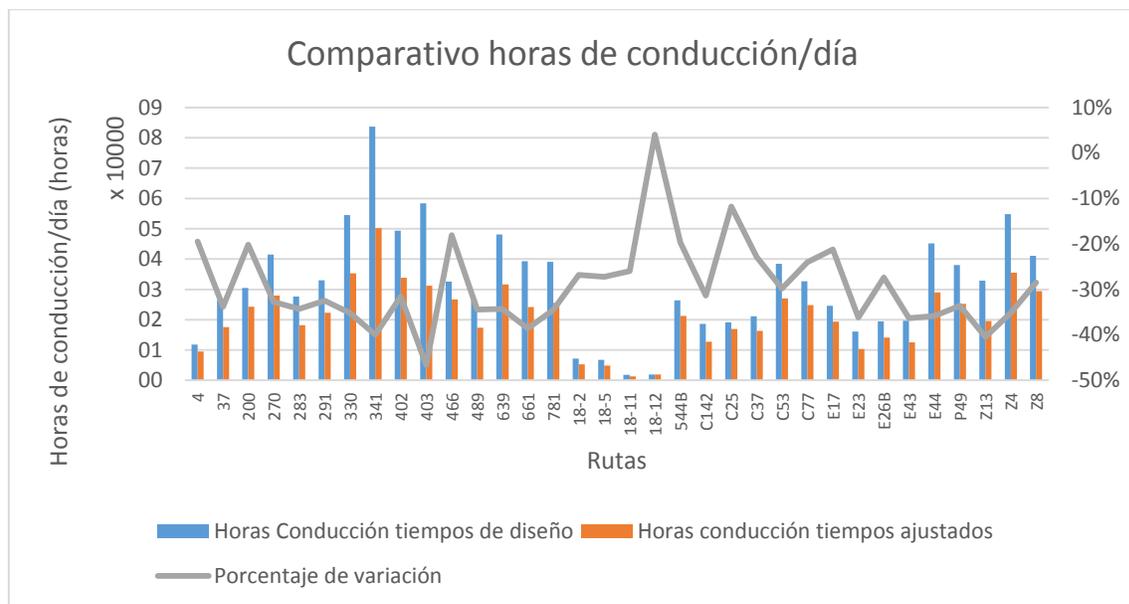
Se determina con base en este trabajo que si únicamente se presentara la variación en los tiempos de ciclo de las rutas, se presentaría una disminución en el indicador ICB. Lo anterior se explica puesto que con los tiempos obtenidos se reducen las frecuencias objetivo, razón

²⁰ El manual de operaciones de Transmilenio S.A. establece un máximo de 6 horas continuas de conducción. (TransmilenioS.A., 2010)

por la cual la cantidad de horas de conducción programadas también sufren dicha alteración.

Se presenta a continuación en la Gráfica 6-11 la comparación de horas de conducción programadas manteniendo los parámetros antes expuestos en cuanto a las franjas picos y valles de operación y sus respectivas ofertas, versus las horas de conducción calculadas con los tiempos obtenidos del ajuste de tiempo:

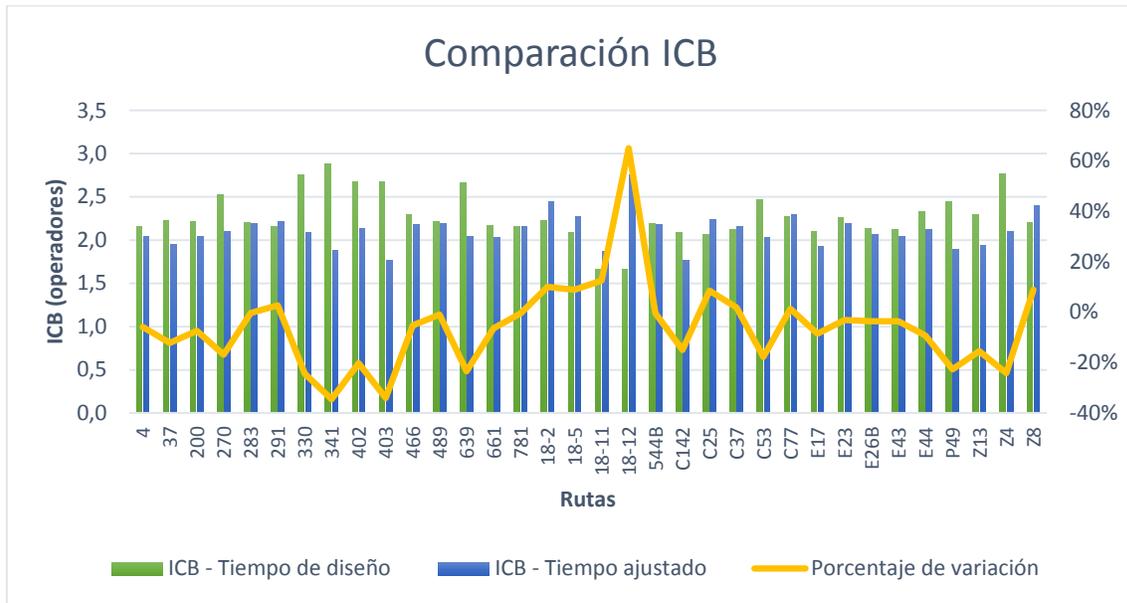
Gráfica 6-11: Comparación de horas de conducción



Fuente: Elaboración propia

Se observa que con excepción de la ruta especial 18-12 que presentó un aumento mínimo (4%), las demás rutas disminuyeron sus horas de conducción entre un 10% y un 50% siendo el rango entre el 30% y el 40% donde más se ubicaron las variaciones.

Con base en los resultados obtenidos se calcula entonces el ICB de cada una de las rutas objeto de estudio. Los resultados se muestran en la Gráfica 6-12 y Tabla 6-3

Gráfica 6-12: Comparación del indicador ICB

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-3: Comparación indicador ICB

Ruta	Tipología de ruta	ICB (Diseño referente)	ICB (Tiempos ajustados)	Variación ICB
4	Urbana	2,2	2,0	-6%
37	Urbana	2,2	2,0	-12%
200	Urbana	2,2	2,0	-7%
270	Urbana	2,5	2,1	-17%
283	Urbana	2,2	2,2	0%
291	Urbana	2,2	2,2	3%
330	Urbana	2,8	2,1	-24%
341	Urbana	2,9	1,9	-35%
402	Urbana	2,7	2,1	-20%
403	Urbana	2,7	1,8	-34%
466	Urbana	2,3	2,2	-5%
489	Urbana	2,2	2,2	-1%
639	Urbana	2,7	2,0	-23%
661	Urbana	2,2	2,0	-6%
781	Urbana	2,2	2,2	0%
18-2	Complementaria	2,2	2,4	10%
18-5	Complementaria	2,1	2,3	9%

Ruta	Tipología de ruta	ICB (Diseño referente)	ICB (Tiempos ajustados)	Variación ICB
18-11	Especial	1,7	1,9	13%
18-12	Especial	1,7	2,8	65%
544B	Urbana	2,2	2,2	0%
C142	Urbana	2,1	1,8	-15%
C25	Urbana	2,1	2,2	8%
C37	Urbana	2,1	2,2	2%
C53	Urbana	2,5	2,0	-18%
C77	Urbana	2,3	2,3	1%
E17	Urbana	2,1	1,9	-9%
E23	Urbana	2,3	2,2	-3%
E26B	Urbana	2,1	2,1	-4%
E43	Urbana	2,1	2,0	-4%
E44	Urbana	2,3	2,1	-9%
P49	Urbana	2,4	1,9	-23%
Z13	Urbana	2,3	1,9	-16%
Z4	Urbana	2,8	2,1	-24%
Z8	Urbana	2,2	2,4	9%

Fuente: Elaboración propia con base anexo técnico para la zona SITP Usaquén y metodología desarrollada.

Se determinó que aunque las horas de conducción presentaron principalmente reducciones, dicho cambio no siempre se vio reflejado en el ICB de las mismas, ya que 12 rutas presentaron aumento en dicho indicador con los tiempos obtenidos con el desarrollo de la metodología propuesta frente a lo inicialmente diseñado. Sobresale nuevamente la variación de la ruta especial 18-12.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

En desarrollo del presente trabajo final se presentan las siguientes conclusiones:

7.1.1 Conclusiones referidas a la flota e intervalos

- Para las 34 rutas analizadas se determinó la necesidad de aumentar la flota en 549 vehículos para alcanzar la frecuencia de diseño de cada una de estas estipuladas en el anexo técnico de la licitación. Sin embargo se podrá reducir este valor si se implementan más políticas de movilidad encaminadas a favorecer el transporte público sobre el particular.
- La ruta que presentó mayor variación en su flota e intervalo de servicios fue la ruta 4 con un incremento cercano al 60%, seguida por la ruta 341 con una variación del 57%. Situación que se presenta puesto que ambas rutas tienen en su diseño referencias altas frecuencias, que superan los 15 veh/hora y 24 veh/hora respectivamente.
- El rango entre el 30% y el 40% fue el principal rango de variación de flota por ruta el cual es directamente proporcional con el aumento en los tiempos de ciclo.
- De un total de 30 rutas urbanas analizadas, 28 presentaron incrementos en su tiempo de ciclo, condición que expone la alta tasa de motorización que presenta la ciudad la cual se ve reflejada en los niveles de congestión de los principales corredores de la misma los cuales son utilizados por las rutas analizadas en el actual documento y que repercute directamente en incrementos en los tiempos de viaje.
- Las rutas complementarias y especiales se presentan como las rutas de mayor impacto. Lo anterior debido a que manejan una flota de diseño inferior a 6 unidades por ruta y cualquier variación de ésta altera drásticamente los porcentajes de sus indicadores. Esta condición se ejemplifica con la variación de los intervalos, en el cual las rutas urbanas tuvieron un aumento promedio de 3 minutos en sus intervalos.

Por su parte las rutas complementarias y especiales tuvieron un aumento de 11 minutos y 6 minutos respectivamente.

- Se identificaron rutas cuyos tiempos de ciclo superan los 360 minutos (6 horas) las cuales van asociadas a rutas de gran longitud en las cuales hay mayor exposición a retrasos y acumulación de unidades de transporte por efectos de la congestión vehicular incrementando así su posibilidad de incumplimiento en los intervalos de paso diseñados. Se plantea la posibilidad de establecer rutas con un tiempo máximo de operación que permita mitigar la situación antes expuesta

7.1.2 Conclusiones referidas a los indicadores IKB e ICB

- La variación de los indicadores IKB e ICB es directamente proporcional a la variación de la frecuencia, ya que al presentarse una disminución en la oferta de vehículos por el aumento de los tiempos, se genera inmediatamente que las unidades de transporte realicen menos recorridos y por consiguiente demanden menos mano de obra.
- De las 34 rutas estudiadas, 32 presentaron disminución superior al 20% en el indicador IKB, situación que se argumenta por la caída en la oferta de servicios al presentarse reducción en las frecuencias de las rutas.
- Se establece una congruencia con la variación de tiempos de ciclo e intervalos y los indicadores de las rutas 4 y 341 al ser estas la de mayor disminución en el indicador IKB e ICB.
- El IKB promedio para las rutas analizadas es de 159, lo cual corresponde a 77 puntos por debajo de lo calculado a través de los tiempos del diseño operativo referente ya que el IKB promedio calculado por diseño referente es de 236 kilómetros/bus/día. En promedio el indicador IKB disminuyó un 31% dada la reducción de oferta de servicios por aumento en los tiempos de ciclo y estabilidad en la flota.
- El ICB presentó una disminución promedio de 6% frente al calculado con tiempos de diseño operativo referente; dicho resultado repercute en una disminución de la mano de obra para mantener la operación actual con la flota de diseño.

- De las 34 rutas, 12 presentaron aumento de su indicador ICB. Las rutas 341 y 403 sobresalen por ser las rutas de mayor disminución en su ICB con porcentajes cercanos al 35%. Se logra establecer que no existe una relación directa entre alguna de las variables de diseño y el ICB de las rutas.
- El ICB promedio calculado con los tiempos de diseño es de 2,3. Por su parte el ICB promedio calculado con la mediana de los tiempos reales es de 2,1. Lo anterior se explica por la disminución en las frecuencias.
- Sobresale que el indicador IKB se caracteriza por una brusca disminución no así el indicador ICB. Lo anterior traduce que aunque se mantienen en gran porcentaje los costos de operación inicialmente proyectados por mano de obra pues el indicador ICB se redujo en cerca de un 6% en promedio, se presenta una alta disminución de los ingresos inicialmente proyectados por kilómetros pues la disminución en el indicador IKB oscilo en el 30%.

7.1.3 Conclusiones referidas a la metodología.

- Como este estudio se centró en cuantificar los impactos por la variación de tiempos queda abierta la posibilidad que otros autores cuantifiquen las afectaciones por variación de otros indicadores.
- La metodología propuesta es completamente aplicable a cualquier otra zona del SITP puesto que la misma se basa en un procesamiento estadístico a partir de información recolectada del sistema de control de información, condición existente y aplicada en todas y cada de las demás zonas SITP existentes. Lo anterior permite realizar retroalimentaciones periódicas que vayan en búsqueda de mejorar la prestación del servicio a partir de información verídica y actualizada.
- Aunque se determinó para este estudio en particular que la mediana es la medida de tendencia central más apropiada para el procesamiento de la información obtenida, queda abierta la posibilidad de que se pueda aplicar otra medida estadística en función de los datos primarios obtenidos.
- Luego de revisar y comparar los esquemas de control y regulación de los diferentes sistemas en Latinoamérica se concluye que la mejor opción para alcanzar una

operación acorde con las necesidades de viajes de la ciudad se tiene cuando el Estado es quien controla y regula, dejando al privado únicamente la operación.

- La implementación gradual es la alternativa más acertada, pues la misma permite a partir de estudios y desarrollos metodológicos como los aquí expuestos se tomen medidas que permitan utilizar los recursos aún disponibles para mejorar las condiciones operativas actuales.
- Dado que el diseño operativo propuesto está encaminado a cumplir los niveles de servicio inicialmente diseñados y establecidos en el anexo técnico de la licitación a partir del análisis de los tiempos de ciclo, se plantea la posibilidad que otros autores planteen diseños operativos partir del análisis de demanda que se puede obtener del sistema SIRCI cuantificando de igual manera los impactos por dicha variación.

7.2 Recomendaciones

Una vez desarrollado el actual trabajo final de maestría se establecen las siguientes sugerencias y aportes:

- El manejo de información del sistema SIRCI se debe realizar con extremo cuidado puesto que el mismo maneja un gran volumen de datos, los cuales no todos aportan información necesaria para la investigación.
- La mediana se presenta como la medida de tendencia central más apropiada para la metodología desarrollada, sin embargo se podrá aplicar esta misma metodología utilizando otras medidas como lo son los percentiles y deciles.
- Dado que se identificó como común denominador el aumento de flota para alcanzar los niveles de servicio de diseño, se sugiere disminuir la brecha de tiempo entre la etapa de diseño y la etapa de implementación de los sistemas de transporte.
- Se debería contar con diseños operativos para períodos valle que permitan generar escenarios más reales de operación dado que para realizar los diferentes cálculos y establecer escenarios fue necesario recurrir a información secundaria que permitieran establecer un patrón de comportamiento en las líneas de deseo de viaje de la zona objeto de estudio.

- Se recomienda que Transmilenio S.A. como ente gestor actualice periódicamente los diseños operativos de las rutas con el fin de garantizar constantemente los niveles de servicio inicialmente establecidos.
- Se recomienda al operador de la zona realizar periódicamente dicho análisis aplicando la metodología con el fin de contar con insumos que le permitan presentar propuestas de mejora ante el ente gestor y regulador.
- Al realizar diseños operativos a partir de niveles de servicio para sistemas de transporte se recomienda tomar como principal variable de diseño el tiempo de ciclo puesto que el mismo se constituye en la variable más representativa para determinar la oferta de servicios.
- Con el fin de lograr mejores niveles de servicio en la prestación de las rutas del SITP se recomienda el trabajo articulado entre los operadores privados y el ente gestor. Lo anterior ya que se logró evidenciar que ambas partes cuentan con el mismo sistema de control e información lo cual les permite obtener resultados similares en los análisis desarrollados.
- La implementación de estrategias y políticas encaminadas a favorecer el transporte público se presenta como una alternativa que permita disminuir los tiempos de ciclo actuales de las rutas, para de esta manera disminuir la cantidad de vehículos a requerirse para alcanzar los intervalos de diseño estipulados en el anexo técnico.
- Dado que el actual trabajo realiza un análisis para el componente zonal del SITP, se deja abierta la oportunidad para una próxima investigación enfocada al análisis del componente troncal del mismo sistema.

• Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006). *Decreto 319 de 2006*. Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2009). *Decreto 309 de 2009*. Bogotá.
- Ardila, A. (2004). *Transit planing in Curitiba and Bogotá: interaction, risk, and change*. Estados Unidos: Massachusetts Institute of Technology.
- Arevalo, B. (17 de 7 de 2015). Operación Sistema Metrobus. (E. M. Castro Coronado, Entrevistador)
- Benjumea Acevedo, J. C. (2006). *Matemáticas avanzadas y estadística para ciencias e ingenierías*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Berenson, M. (2006). *Estadística para administración*.
- Cámara de Comercio de Bogotá-Universidad de los Andes. (2011). *Observatorio de movilidad - Comportamiento de los indicadores de movilidad de la ciudad a diciembre de 2010*. Bogotá: Uniandes.
- Chile, M. d. (3 de Junio de 2015). *transantiago.cl*. Obtenido de <http://www.transantiago.cl/>
- Díaz Guillermo, A. G.-L. (2004). *Micros en Santiago: De enemigo público a servicio público*. Santiago de Chile: Estudios Públicos.
- Dimitrou, H. (2011). *Urban Transportation in the Development World - A Handbook of Policy and Practice*. Massachusset: British Library.
- IPEA. (12 de octubre de 2014). *ipea.gov.br*. Obtenido de <http://www.ipea.gov.br/portal/>
- IPPUCC. (2004). *Curitiba en Datos*. Curitiba: IPPUCC.
- Levin, R. y. (2004). *Estadística para administración y economía*. Ciudad de México: Pearson.
- Marchezetti y Reck. (2004). Planning and management of a public transport system in Curitiba. *Transportation research board*, 76-86.
- Mibus S.A. (6 de 9 de 2014). <http://www.mibus.com.pa/>. Obtenido de <http://www.mibus.com.pa/rutas/>
- Secretaría de Movilidad. (2011). *Movilidad en Cifras - 2011*. Bogotá D.C.
- Pineda, L. (2006). *Probabilidad y Estadística*.

- Rojas F y Mello C. (2005). *El transporte público colectivo en Curitiba y Bogotá*. Bogotá: Uniandes.
- Secretaría de Planeación. (2011). *21 Monografías de las Localidades - Usaquén*. Bogotá.
- Tomás-Sábado, J. (2009). *Fundamentos de bioestadística y análisis de datos para enfermería*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Transmilenio S.A. (2009). *Resumen Ejecutivo del Diseño De La Operación del Sistema*. Bogotá.
- Transmilenio S.A. (2010). *Estudios Previos - Licitación Pública TMSA-LP-004 DE 2009*. Bogotá.
- Transmilenio S.A. (2010). *Manual de Operaciones*. Bogotá.
- Transmilenio S.A. (2011). *Manual de operaciones del componente zonal del SITP*. Bogotá: Transmilenio S.A.
- Universidad de Chile. (1998). Definición de un marco teórico para conocer el concepto de desarrollo sustentable. *INVI*, 20.
- Vivas Motta, M. A. (2002). *Tránsito y Transporte público urbano en Brasil*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.

A. ANEXO: RESUMEN EJECUTIVO DEL DISEÑO DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA – DISEÑO OPERACIONAL POR RUTA- ZONA USAQUÉN.

NOMBRE RUTA	TIPO RUTA	ZONA ORIGEN	ZONA DESTINO	MODO	LONGITUD TOTAL (Km)	TIEMPO TOTAL (min)	TIPO VEHÍCULO ÓPTIMO (Pas)	INTERVALO X DEMANDA HORA PICO (min)	INTERVALO HORA PICO ÓPTIMO (min)	FLOTA	FRECUENCIA HORA PICO ÓPTIMA (buses/h)
A010001	Auxiliar	Usaquen	Neutra	b	40.56	141.85	80	5	5	27	12
A010002	Complementaria	Usaquen	Neutra	b	14.31	53.18	50	4	4	13	15
A010101	Alimentadora	Usaquen	Usaquen	a	19.82	66.89	80	12	8	8	8
A010102	Alimentadora	Usaquen	Usaquen	a	13.82	47.48	80	12	8	6	8
A010103	Alimentadora	Usaquen	Usaquen	a	24.80	81.09	80	3	4	20	15
A010104	Alimentadora	Usaquen	Usaquen	a	13.32	45.01	50	6	5	9	12
A010105	Alimentadora	Usaquen	Usaquen	a	14.34	44.29	80	12	8	6	8
A010301	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	28.31	104.75	80	3	3	35	20
A010302	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	32.28	112.44	50	4	4	28	15
A010303	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	43.25	146.40	50	5	5	28	12
A010304	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	34.86	132.95	19	5	5	26	12
A010305	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	65.29	244.02	50	5	5	40	12
A010306	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	33.06	118.95	80	2	2.5	48	24
A010307	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	35.44	122.30	50	6	6	21	10
A010308	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	27.02	92.77	40	8	8	12	8
A010309	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	29.57	99.83	50	5	5	20	12
A010310	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	29.04	95.51	40	6	6	16	10
A010311	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	34.08	115.43	50	12	8	14	8
A010312	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	31.72	112.29	50	4	4	28	15
A010313	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	29.17	105.93	50	12	8	13	8
A010314	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	37.44	116.91	50	6	6	19	10

Anexo A: Resumen ejecutivo del diseño de la operación – Diseño operacional por ruta –
Zona Usaquén

NOMBRE RUTA	TIPO RUTA	ZONA ORIGEN	ZONA DESTINO	MODO	LONGITUD TOTAL (Km)	TIEMPO TOTAL (min)	TIPO VEHÍCULO ÓPTIMO (Pas)	INTERVALO X DEMANDA HORA PICO (min)	INTERVALO HORA PICO ÓPTIMO (min)	FLOTA	FRECUENCIA HORA PICO ÓPTIMA (buses/h)
A010315	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	35.71	129.37	50	12	8	17	8
A010316	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	31.98	111.25	80	3	3	37	20
A010317	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	33.99	113.84	50	6	6	19	10
A010318	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	25.77	94.09	50	12	8	12	8
A010319	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	21.86	71.95	50	5	5	14	12
A010320	Auxiliar	Usaquen	Suba Centro	b	34.24	118.32	50	4	4	30	15
A010401	Auxiliar	Usaquen	Calle 80	b	30.31	109.56	19	5	5	22	12
A010402	Auxiliar	Usaquen	Calle 80	b	40.98	127.18	80	6	6	21	10
A010501	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	34.87	159.67	19	6	6	25	10
A010502	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	57.54	225.52	50	4	4	44	15
A010503	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	72.72	314.10	40	5	5	49	12
A010504	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	53.55	217.73	40	6	6	33	10
A010505	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	38.45	148.52	50	4	4	34	15
A010506	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	61.04	217.27	40	7	7	30	9
A010507	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	27.72	103.13	80	5	5	21	12
A010508	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	53.88	162.66	80	5	5	30	12
A010509	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	52.24	173.73	50	4	4	37	15
A010510	Auxiliar	Usaquen	Engativa	b	49.00	159.32	40	6	6	25	10
A010601	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	42.06	139.80	50	4	4	33	15
A010602	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	61.18	220.20	40	12	6	33	10
A010603	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	53.44	166.72	80	5	5	30	12
A010604	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	60.22	193.68	50	4	4	40	15
A010605	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	41.45	153.28	19	4	4	35	15
A010606	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	46.92	154.12	40	7	7	22	9
A010607	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	39.76	140.56	19	4	4	33	15
A010608	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	52.40	175.44	80	4	4	37	15
A010609	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	43.87	157.72	19	12	8	20	8

Anexo A: Resumen ejecutivo del diseño de la operación – Diseño operacional por ruta – Zona Usaquén

NOMBRE RUTA	TIPO RUTA	ZONA ORIGEN	ZONA DESTINO	MODO	LONGITUD TOTAL (Km)	TIEMPO TOTAL (min)	TIPO VEHÍCULO ÓPTIMO (Pas)	INTERVALO X DEMANDA HORA PICO (min)	INTERVALO HORA PICO ÓPTIMO (min)	FLOTA	FRECUENCIA HORA PICO ÓPTIMA (buses/h)
A010610	Auxiliar	Usaquen	Fontibon	b	60.73	206.99	50	4	4	41	15
A010701	Auxiliar	Usaquen	Tintal - Zona Franca	b	61.61	217.15	50	12	8	28	8
A010702	Auxiliar	Usaquen	Tintal - Zona Franca	b	57.22	196.69	50	6	6	30	10
A010801	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	46.77	176.01	40	12	8	23	8
A010802	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	63.82	223.30	50	5	5	37	12
A010803	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	72.77	258.13	50	4	4	48	15
A010804	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	55.96	195.95	50	6	6	30	10
A010805	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	56.18	191.48	80	3	3	51	20
A010806	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	37.06	137.92	19	4	4	33	15
A010807	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	70.98	242.90	50	7	7	33	9
A010808	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	76.84	265.73	40	12	8	34	8
A010809	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	61.18	214.83	80	4	4	42	15
A010810	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	63.53	206.83	50	7	7	28	9
A010811	Auxiliar	Usaquen	Kennedy	b	71.17	250.15	50	4	4	47	15
A010901	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	62.89	213.09	50	4	4	42	15
A010902	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	67.30	243.11	40	12	8	31	8
A010903	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	54.36	194.40	19	4	4	40	15
A010904	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	54.93	198.06	50	4	4	40	15
A010905	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	50.76	181.82	40	12	8	23	8
A010906	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	76.77	256.03	80	1	2.5	74	24
A010907	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	71.14	251.98	50	12	8	32	8
A010908	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	68.51	229.81	50	12	8	29	8
A010909	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	70.26	244.06	19	5	5	40	12
A010910	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	72.66	256.98	40	12	8	33	8
A010911	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	71.54	247.79	50	7	7	34	9
A010912	Auxiliar	Usaquen	Bosa	b	74.75	270.35	40	12	8	34	8
A011001	Auxiliar	Usaquen	Perdomo	b	71.50	229.18	50	6	6	34	10

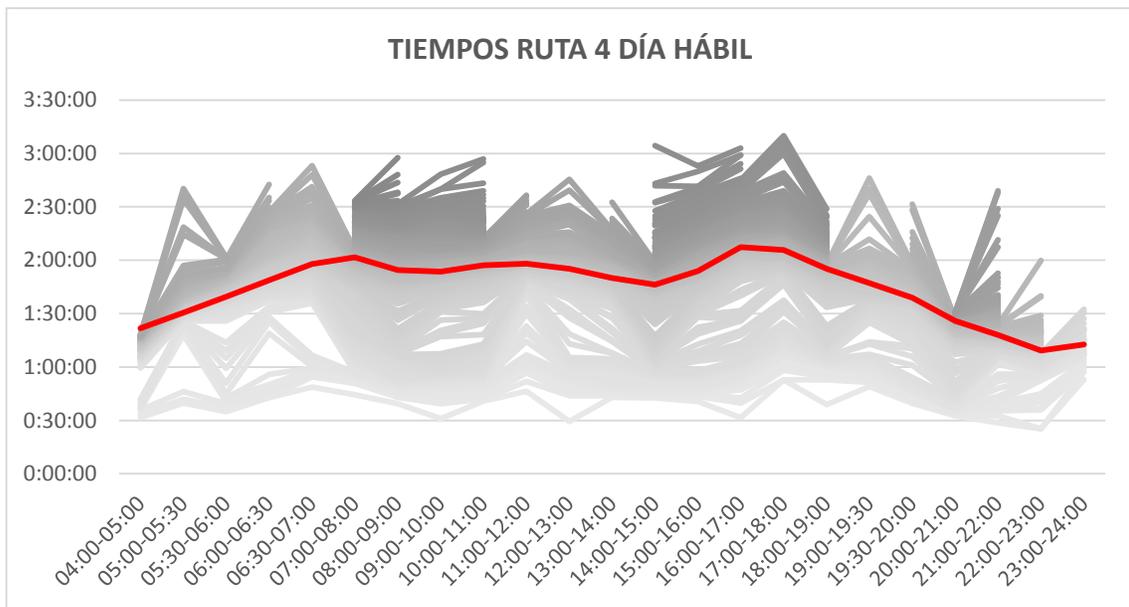
Anexo A: Resumen ejecutivo del diseño de la operación – Diseño operacional por ruta – Zona Usaquén

NOMBRE RUTA	TIPO RUTA	ZONA ORIGEN	ZONA DESTINO	MODO	LONGITUD TOTAL (Km)	TIEMPO TOTAL (min)	TIPO VEHÍCULO ÓPTIMO (Pas)	INTERVALO X DEMANDA HORA PICO (min)	INTERVALO HORA PICO ÓPTIMO (min)	FLOTA	FRECUENCIA HORA PICO ÓPTIMA (buses/h)
A011002	Auxiliar	Usaquen	Perdomo	b	64.58	219.55	80	4	4	43	15
A011101	Auxiliar	Usaquen	Ciudad Bolivar	b	58.96	198.05	50	6	6	30	10
A011102	Auxiliar	Usaquen	Ciudad Bolivar	b	75.90	250.95	40	8	8	32	8
A011103	Auxiliar	Usaquen	Ciudad Bolivar	b	87.46	296.15	80	5	5	47	12
A011104	Auxiliar	Usaquen	Ciudad Bolivar	b	68.76	234.04	19	4	4	45	15
A011105	Auxiliar	Usaquen	Ciudad Bolivar	b	57.64	197.69	40	12	8	25	8
A011106	Auxiliar	Usaquen	Ciudad Bolivar	b	50.86	175.62	50	4	4	37	15
A011201	Auxiliar	Usaquen	Usme	b	81.22	248.78	50	4	4	47	15
A011202	Auxiliar	Usaquen	Usme	b	48.98	167.37	40	8	8	21	8
A011203	Auxiliar	Usaquen	Usme	b	51.54	173.77	40	12	8	22	8
A011204	Auxiliar	Usaquen	Usme	b	74.04	258.62	40	12	8	33	8
A011205	Auxiliar	Usaquen	Usme	b	77.21	263.82	50	12	8	33	8
A011206	Auxiliar	Usaquen	Usme	b	85.35	284.12	50	7	7	38	9
C010101	Complementaria	Usaquen	Usaquen	a	4.31	11.82	50	3	3	4	20
C010102	Complementaria	Usaquen	Usaquen	a	4.50	15.22	50	2	2	8	30
C010103	Complementaria	Usaquen	Usaquen	a	5.82	17.93	80	2	2	9	30
C010104	Complementaria	Usaquen	Usaquen	a	6.23	20.43	50	2	2	10	30
C010105	Complementaria	Usaquen	Usaquen	a	4.30	13.93	50	2	2	7	30
C010106	Complementaria	Usaquen	Usaquen	a	4.00	11.95	80	1	2	6	30
C010107	Alimentadora	Usaquen	Usaquen	a	1.60	9.62	50	6	6	2	10
C010108	Complementaria	Usaquen	Usaquen	a	3.00	12.00	19	12	8	2	8
E010001	Especial	Usaquen	Neutra	a	3.82	12.52	19	12	8	2	8
E010101	Especial	Usaquen	Usaquen	a	2.26	8.86	40	3	4	2	15
E010102	Especial	Usaquen	Usaquen	a	1.68	6.96	19	12	8	1	8
E010103	Especial	Usaquen	Usaquen	a	3.04	12.28	40	3	3	4	20
E010104	Especial	Usaquen	Usaquen	a	1.48	5.79	19	12	8	1	8

Fuente: (TransmilenioS.A, 2009)

B.ANEXO: FICHAS TÉCNICAS- RUTAS ANALIZADAS- ZONA SITP USAQUÉN

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 4			
Ruta: 4	Denominación: San Luis – San Fernando	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero - 2015	Esquema Operativo: Circular	



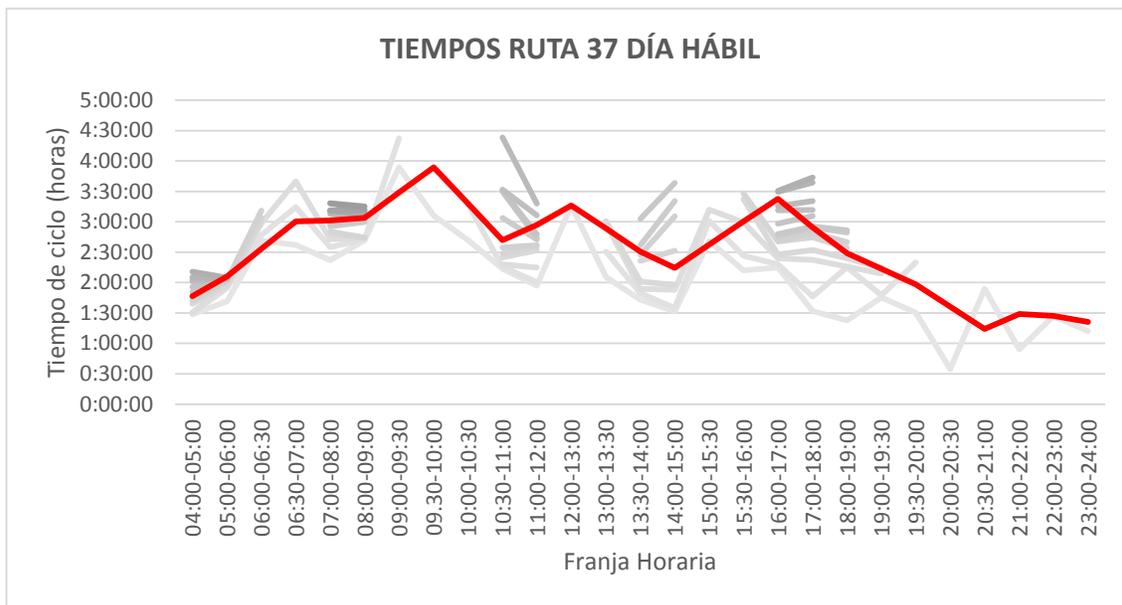
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 2 horas y 7 minutos (127 minutos) en la franja de 16 a 17 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 54 minutos de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 13 buses y una frecuencia de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 73 minutos, lo cual genera la necesidad de 19 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración Propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 37			
Ruta: 37	Denominación: El Palmar - Unicentro	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Microbús
Período: Septiembre – Octubre 2014		Fecha: Enero 2015	Esquema Operativo: Circular



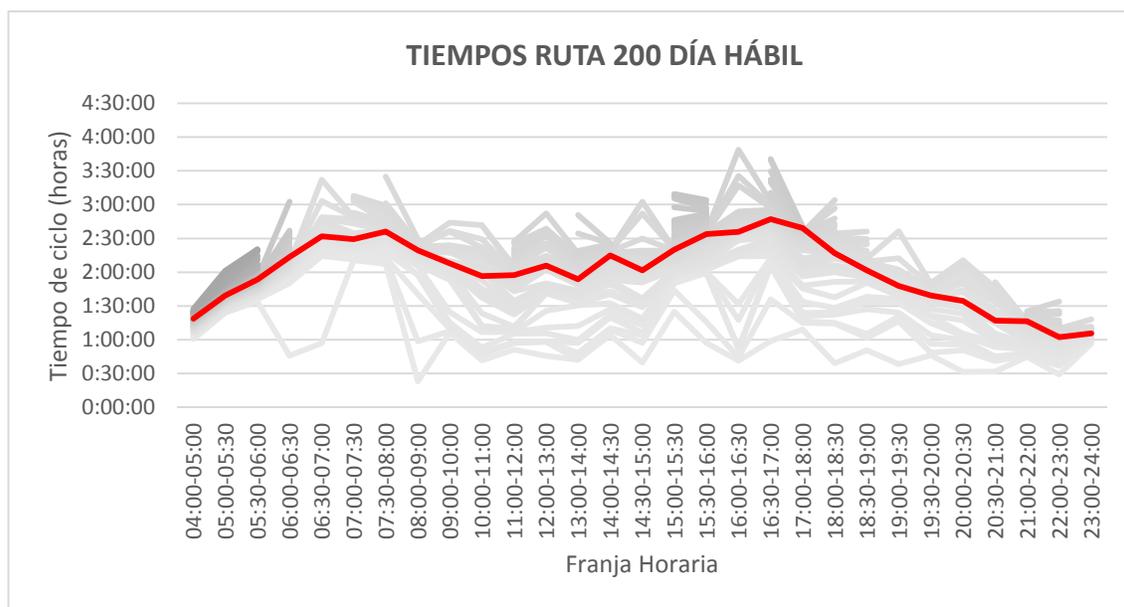
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 54 minutos (234 minutos) en la franja de 9 a 10 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 160 minutos (2 horas y 40 minutos) de tiempo de ciclo, 6 minutos de intervalo óptimo, 25 microbuses y una frecuencia de 10 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 74 minutos, lo cual genera la necesidad de 14 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 10 veh/hora.

Fuente: Elaboración Propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 200			
Ruta: 200	Denominación: Puente Grande - Unicentro	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014		Fecha: Enero 2015	Esquema Operativo: Circular

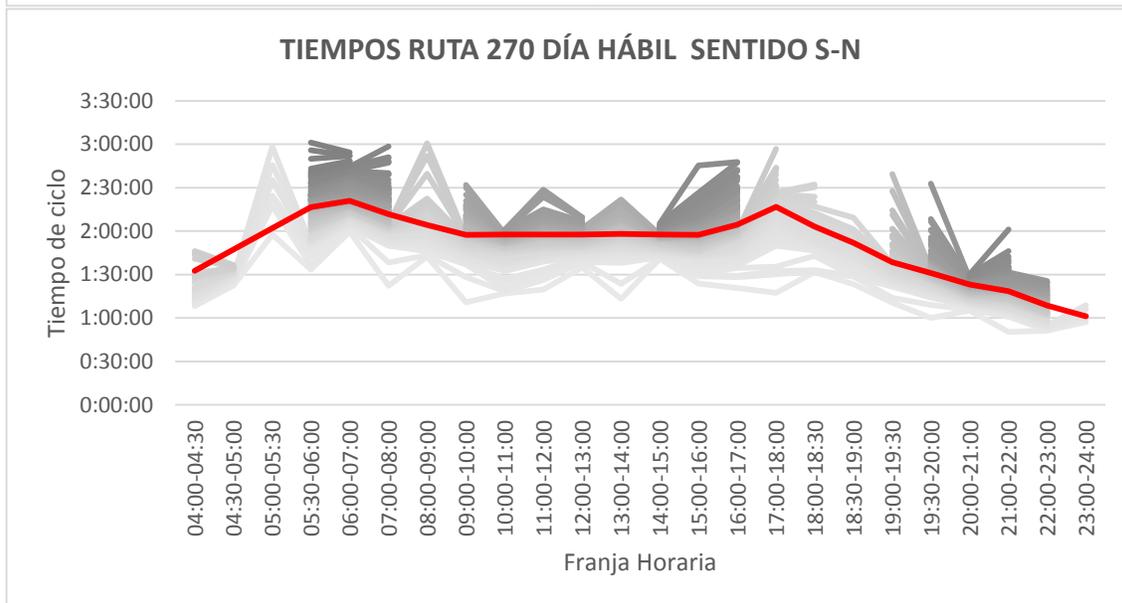
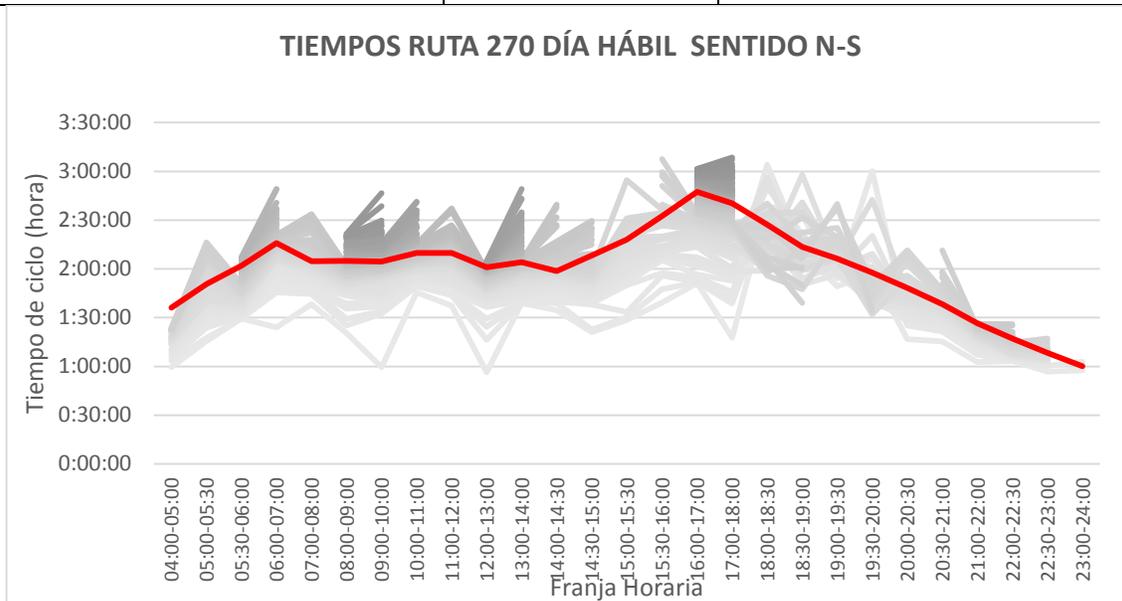


Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 2 horas y 42 minutos (162 minutos) en la franja de 16:30 a 17 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 140 minutos (2 horas y 20 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 33 buses y una frecuencia de 15 veh/hora.
Se logra determinar un aumento de 22 minutos, lo cual genera la necesidad de 8 vehículos adicionales para garantizar la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración Propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 270			
Ruta: 270	Denominación: Riveras de Occidente – La Estrellita	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	

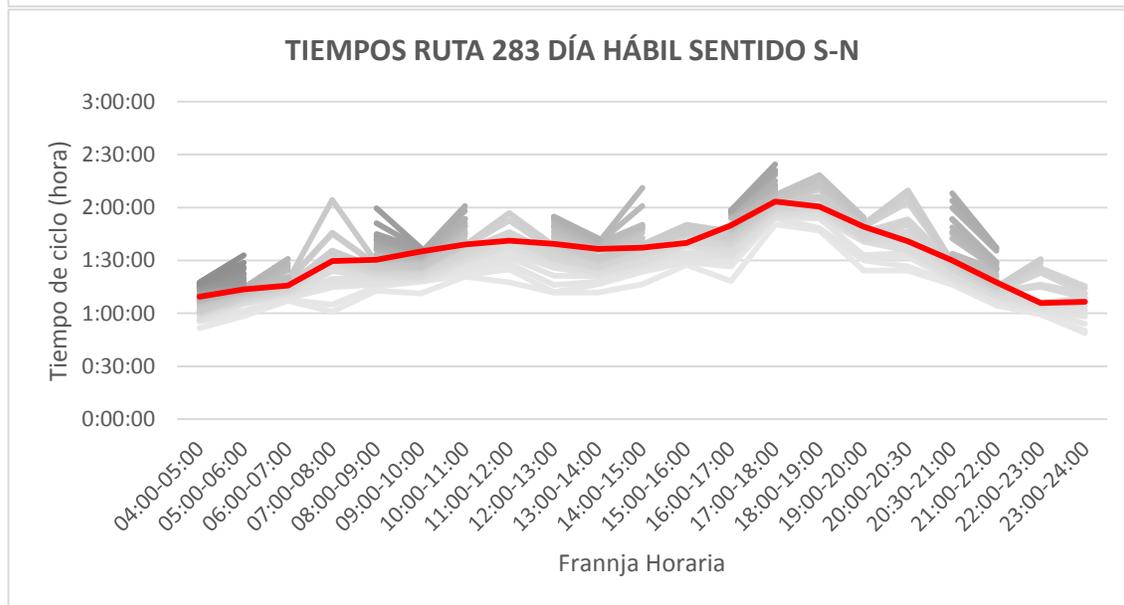
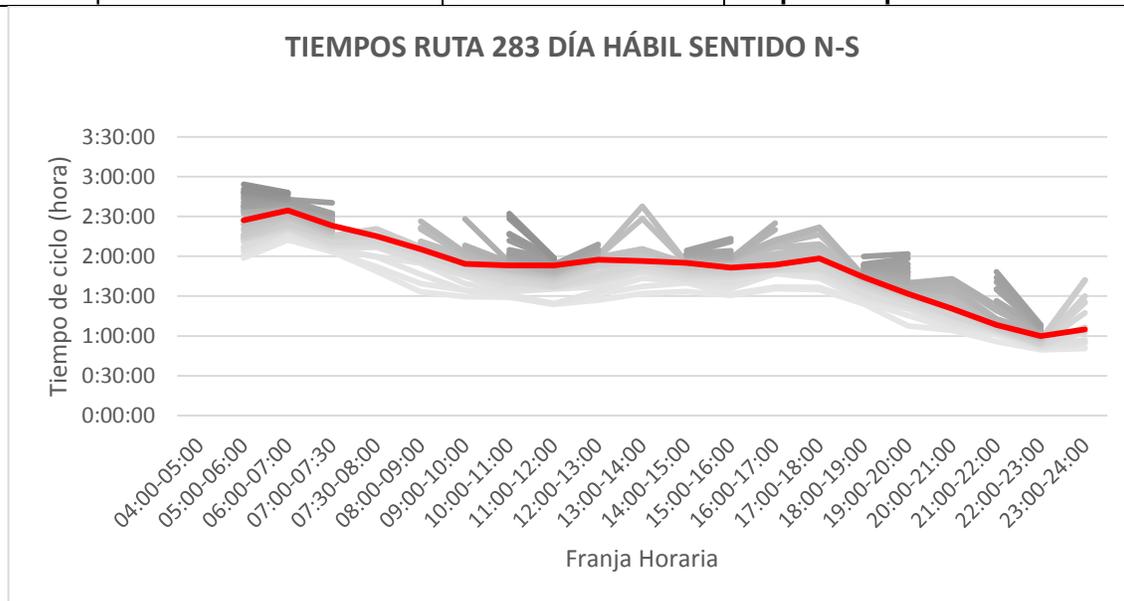


Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 4 horas y 57 minutos (297 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 224 minutos (3 horas y 44 minutos) de tiempo de ciclo, 5 minutos de intervalo óptimo, 37 Buses y una frecuencia de 12 veh/hora. Se logra determinar un incremento de 136 minutos, lo cual genera la necesidad de 23 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 12 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 283			
Ruta: 283	Denominación: Carlos Albán – Chicó Norte	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Busetas
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



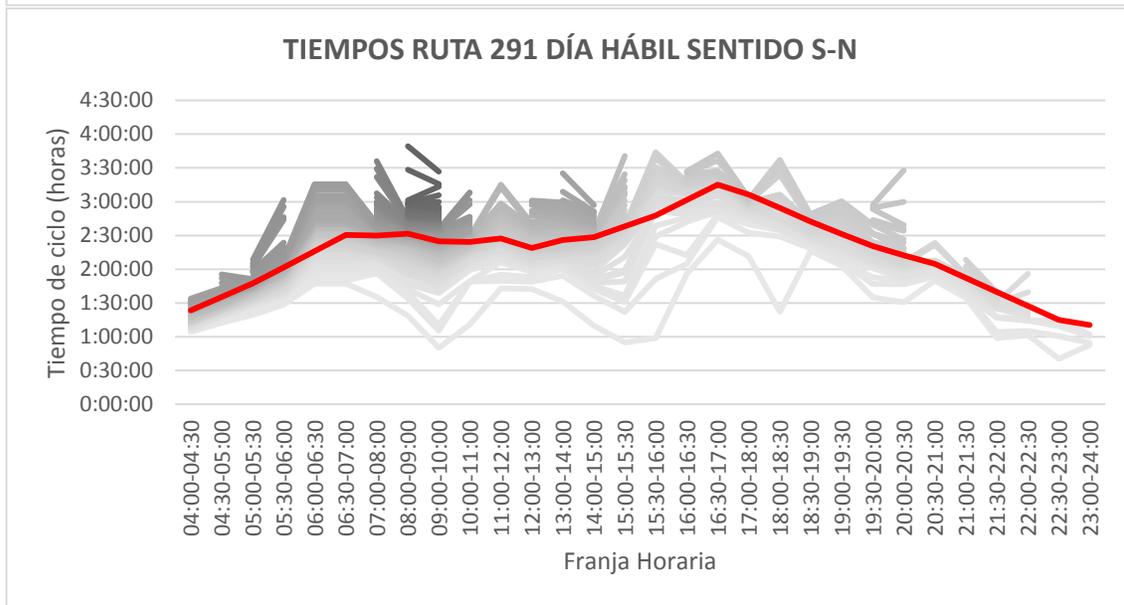
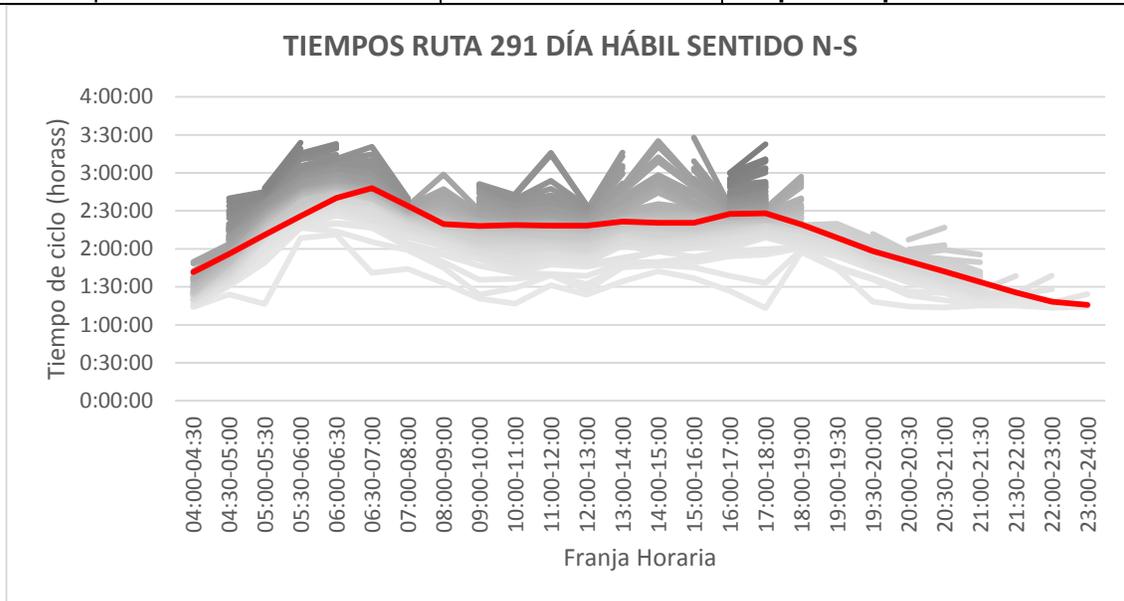
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 4 horas y 2 minutos (242 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 182 minutos (3 horas y 2 minutos) de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo óptimo, 23 Busetas y una frecuencia de 8 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 60 minutos, lo cual genera la necesidad de 8 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 291			
Ruta: 291	Denominación: Lijacá – Tierra Buena	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Padrón
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



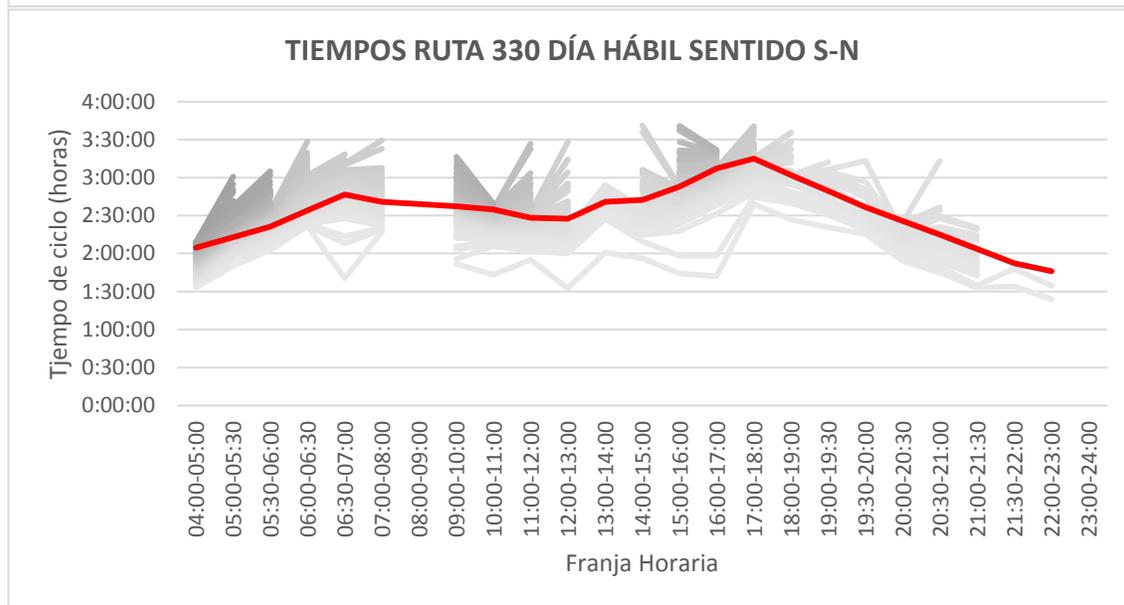
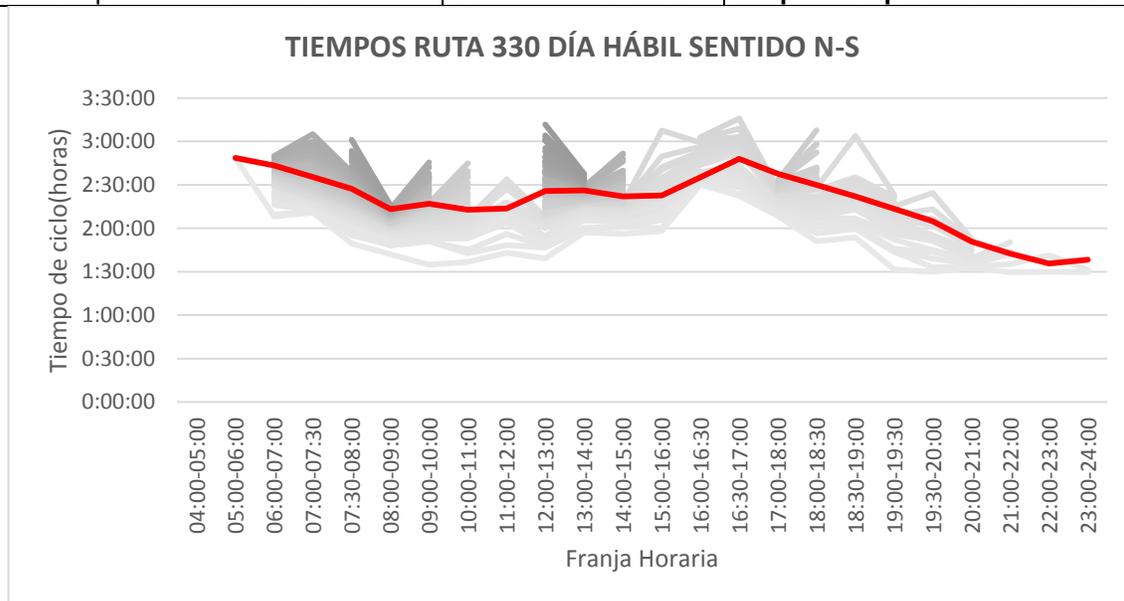
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 5 horas y 23 minutos (323 minutos) en la franja de 6 a 6:30 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 217 minutos (3 horas y 37 minutos) de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo, 28 Padrones y una frecuencia de 7,5 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 106 minutos, lo cual genera la necesidad de 13 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 7,5 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 330			
Ruta: 330	Denominación: La Estrellita – Puerta al Llano	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Padrón
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



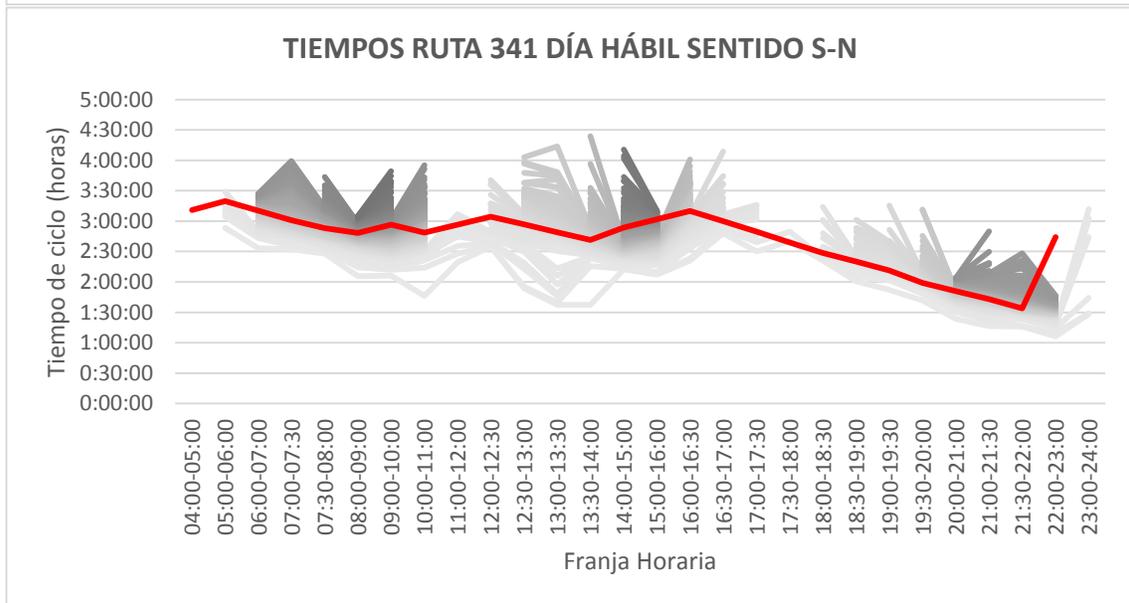
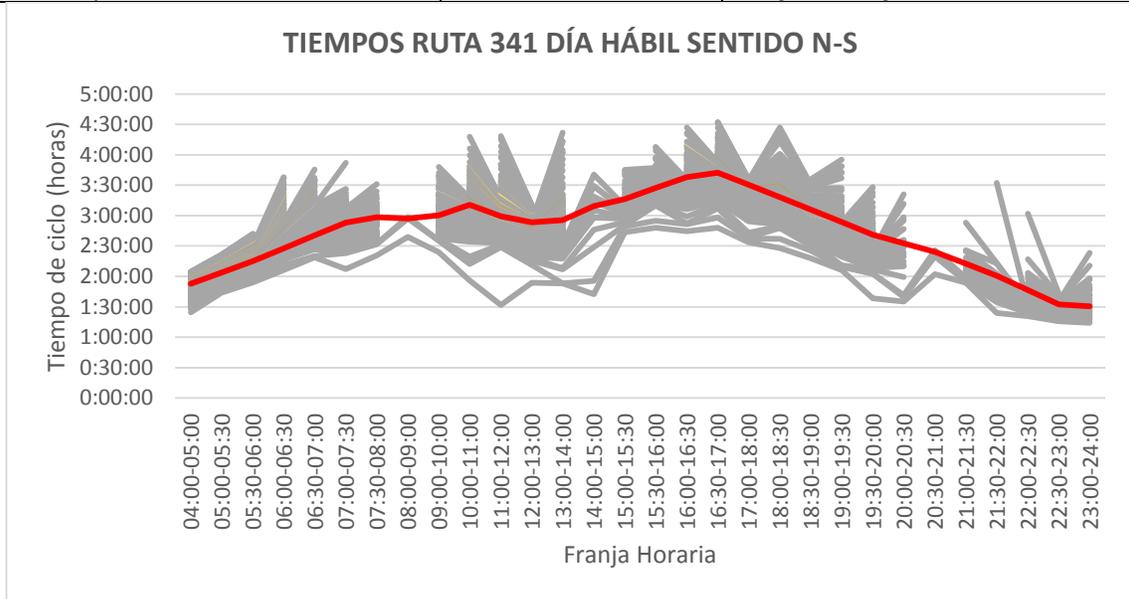
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 5 horas y 53 minutos (353 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 249 minutos (4 horas y 9 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 47 Buses y una frecuencia de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 104 minutos, lo cual genera la necesidad de 42 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 341			
Ruta: 341	Denominación: La Estrellita - Metrovivienda	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



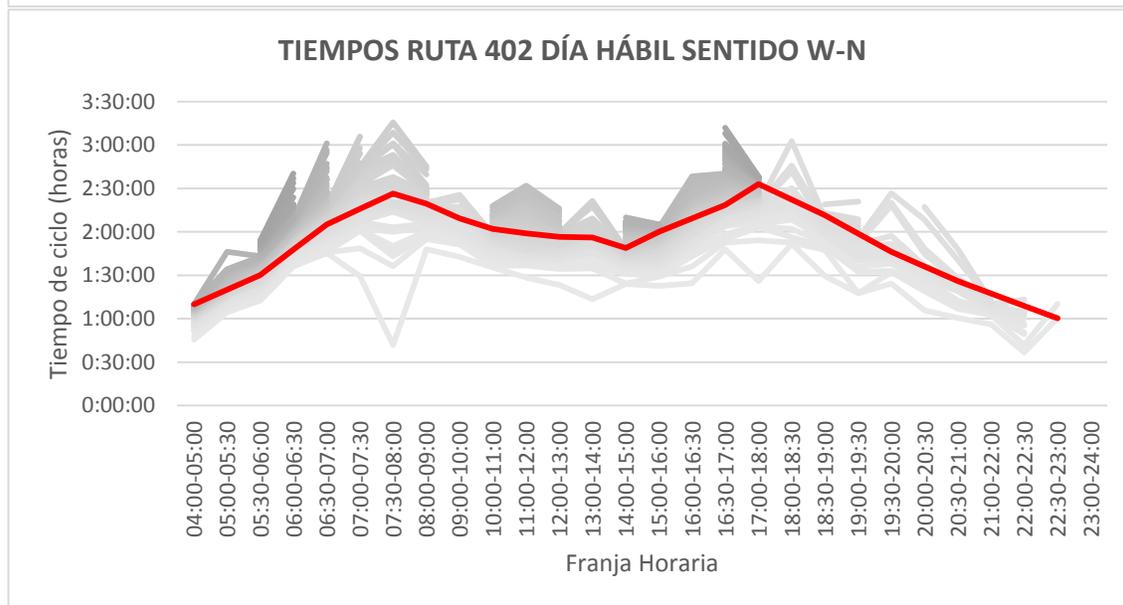
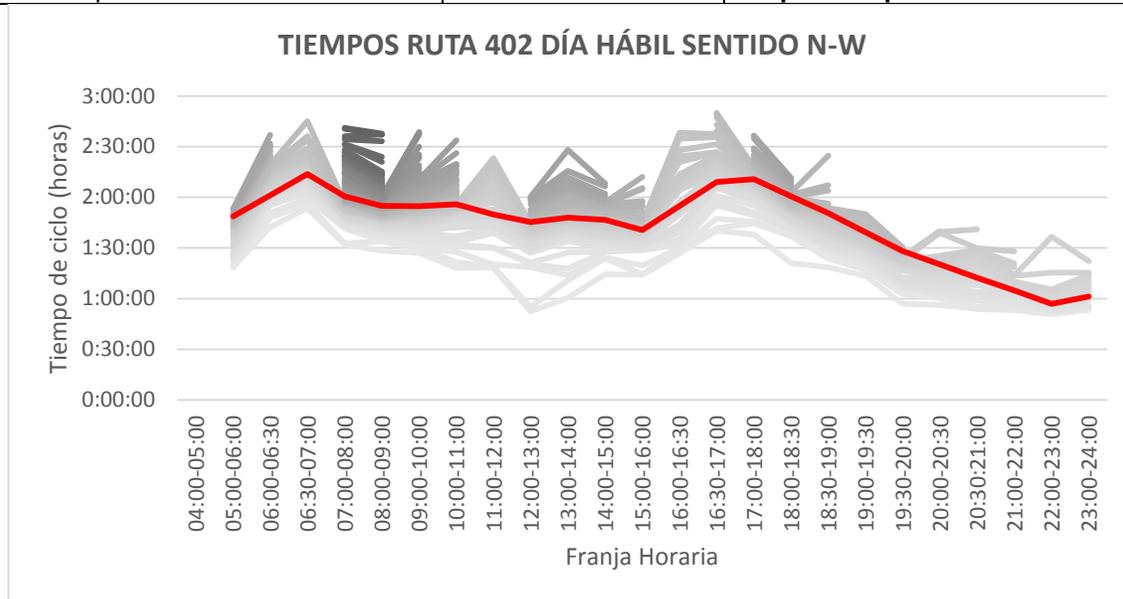
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 6 horas y 42 (402 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 256 minutos (4 horas y 16 minutos) de tiempo de ciclo, 2,5 minutos de intervalo óptimo, 74 Padrones y una frecuencia de 24 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 146 minutos, lo cual genera la necesidad de 87 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 24 veh/hora.

.Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 402			
Ruta: 402	Denominación: Verbenal – Sabana del Dorado	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



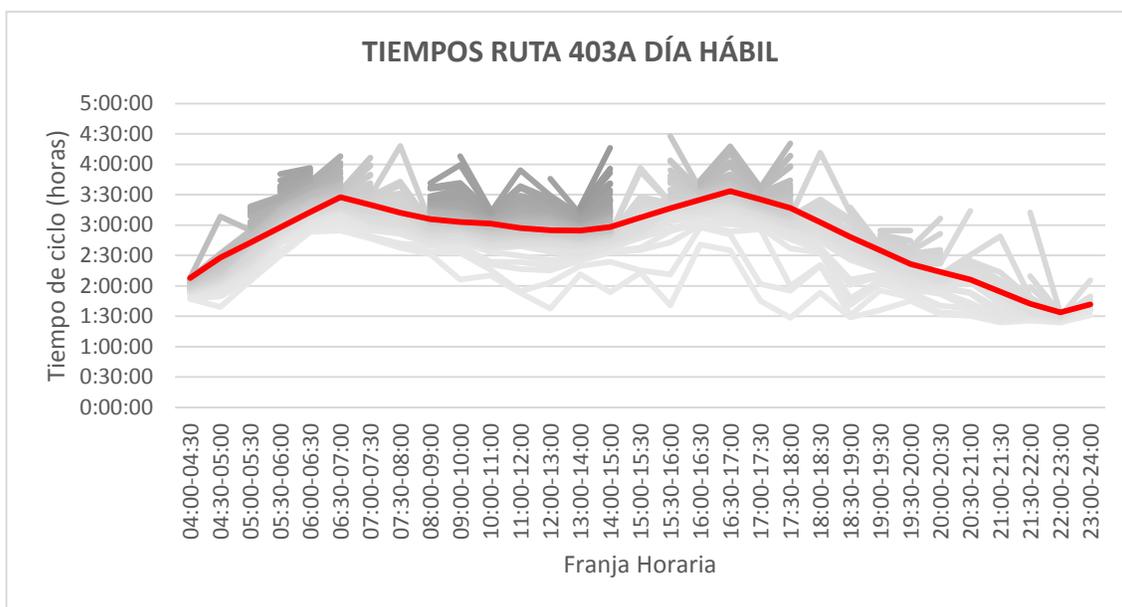
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 4 horas y 44 minutos (284 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 225 minutos (3 horas y 45 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 44 buses y una frecuencia óptima de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 59 minutos, lo cual genera la necesidad de 27 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 403A			
Ruta: 403A	Denominación: Sabana del dorado - Unicentro	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Busetas
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



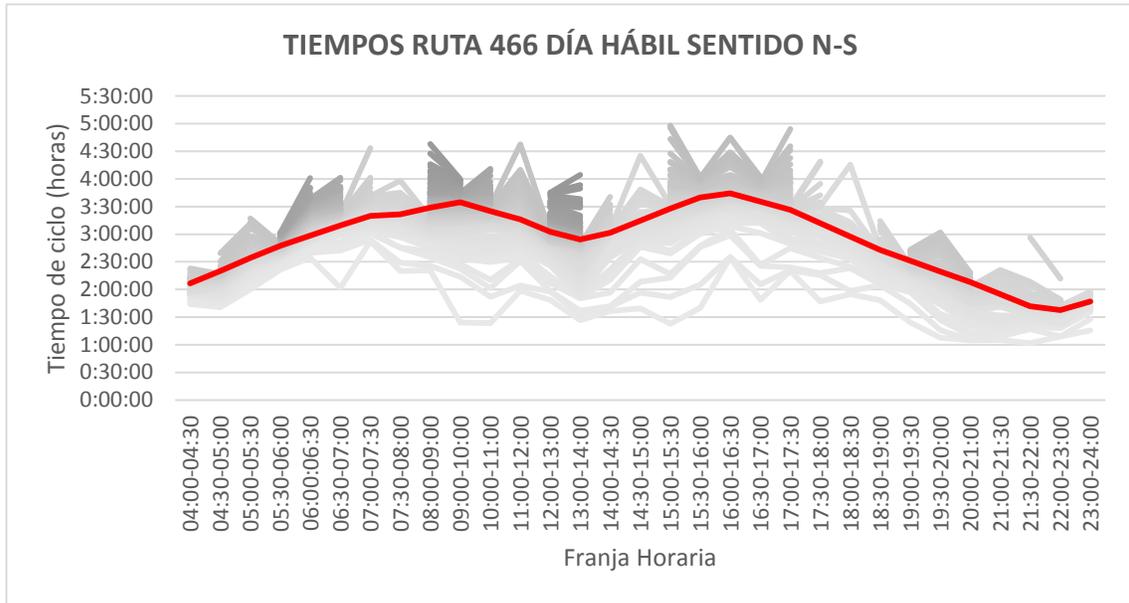
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 28 minutos (208 minutos) en la franja de 6:30 a 7 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 315 minutos (5 horas y 15 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 49 busetas y una frecuencia de 12 veh/hora.

Se logra determinar una reducción de 107 minutos, con lo cual la flota estipulada por diseño garantiza la frecuencia objetivo de 12 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 466			
Ruta: 466	Denominación: Sabanas del Dorado - Unicentro	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



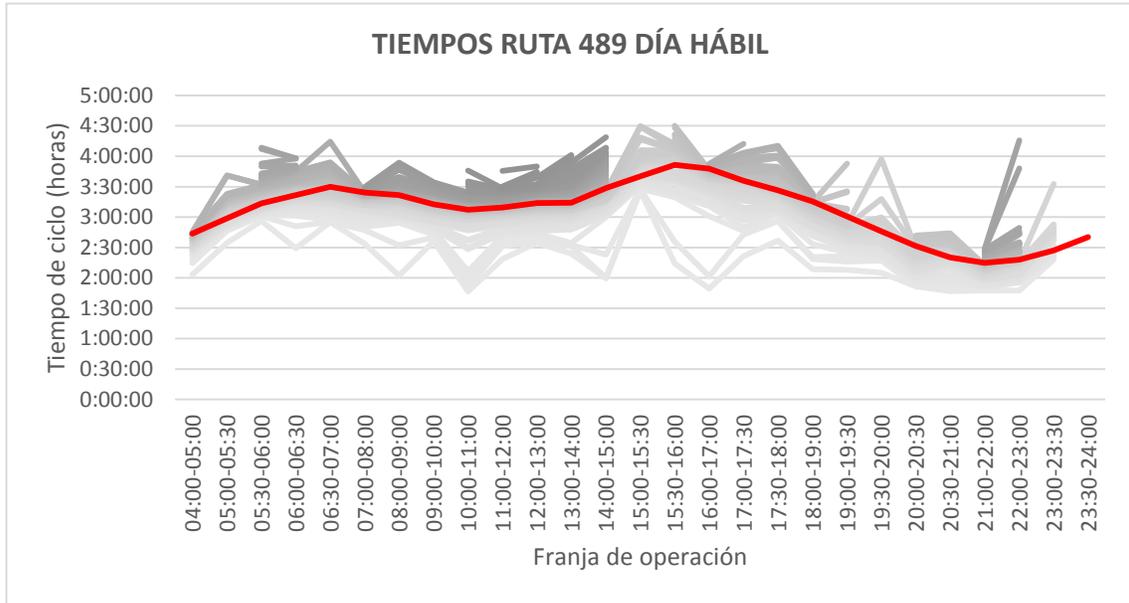
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 44 minutos (224 minutos) en la franja de 16 a 16:30 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 150 minutos (2 horas y 30 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 34 busetones y una frecuencia de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 74 minutos, lo cual genera la necesidad de 22 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 489			
Ruta: 489	Denominación: La Resurrección - Unicentro	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre - Octubre 2014	Fecha: Enero 2015	Esquema Operativo: Circular	

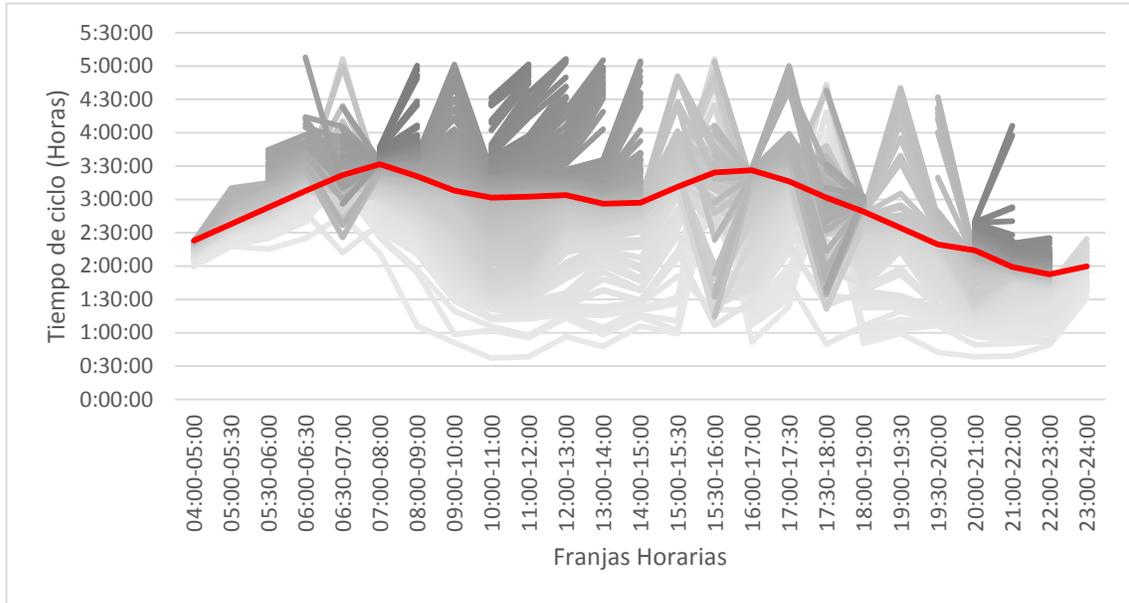


Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 51 minutos (231 minutos) en la franja de 15:30 a 16 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 175 minutos (2 horas y 55 minutos) de tiempo de ciclo, 7,5 minutos de intervalo, 21 buses y una frecuencia de 8 veh/hora. Se logra determinar un incremento de 56 minutos, lo cual genera la necesidad de 10 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 544B			
Ruta: 544B	Denominación: Verbenal - Teusaquillo	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Padrón
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



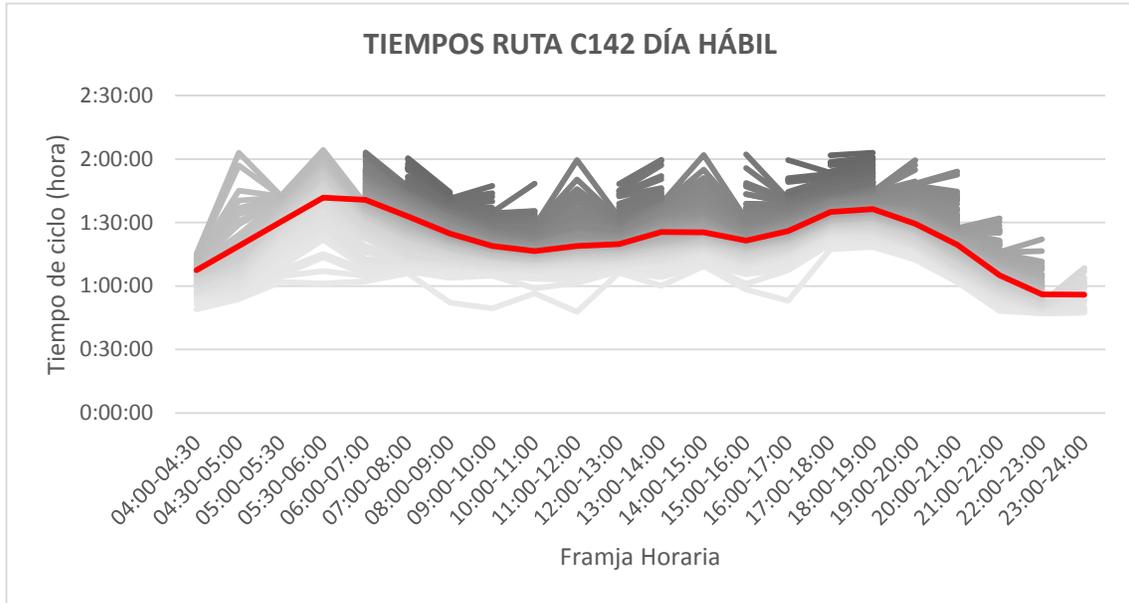
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 32 minutos (212 minutos) en la franja de 7 a 8 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 141 minutos (2 horas y 21 minutos) de tiempo de ciclo, 5 minutos de intervalo, 27 Padrones y una frecuencia de 12 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 61 minutos, lo cual genera la necesidad de 16 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 12 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA C142			
Ruta: C142	Denominación: San Cristóbal Norte – Nuevo Corinto	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

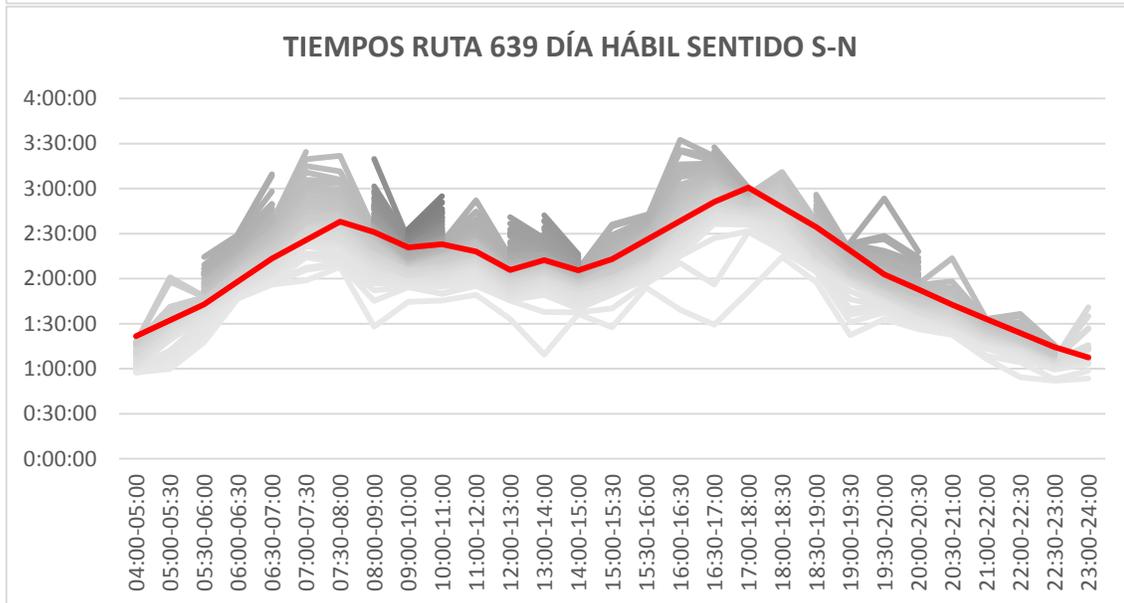
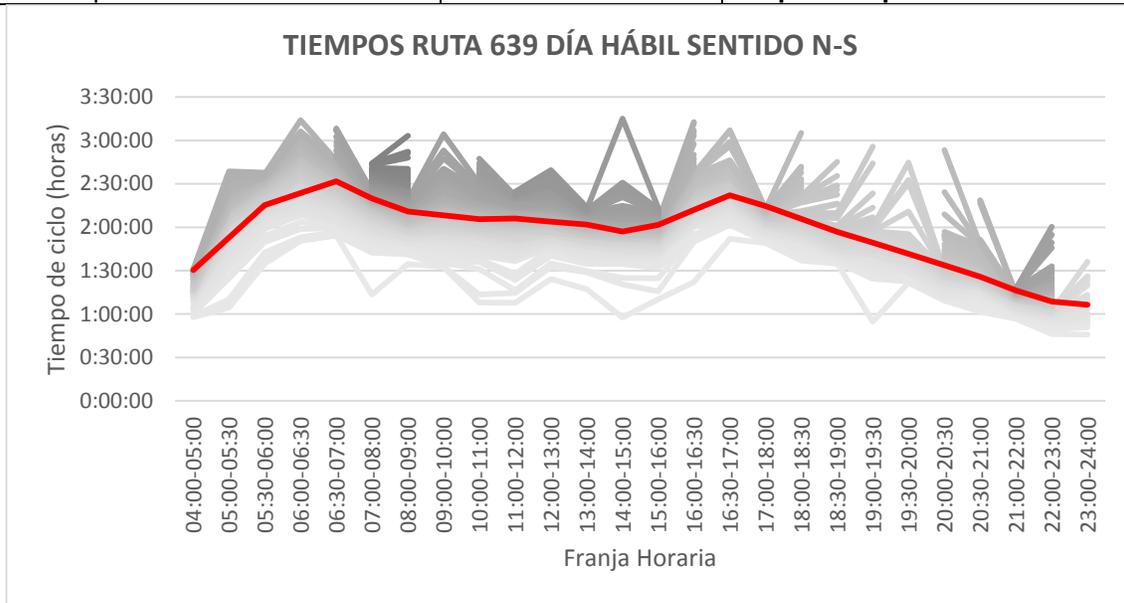
Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 1 hora y 42 minutos (102 minutos) en la franja de 5:30 a 6 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 100 minutos (1 hora y 40 minutos) de tiempo de ciclo, 5 minutos de intervalo óptimo, 20 buses y una frecuencia de 12 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 2 minutos, lo cual no genera la necesidad de vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 10 veh/hora.

Según información de Transmilenio S.A la ruta actualmente opera con 10 buses hasta un punto medio de su trazado de diseño debido al incumplimiento de contrato del operador de la zona SITP suba- centro. Lo anterior determina que una vez se realice la operación con el recorrido completo se aumentará el tiempo de ciclo, generándose la necesidad de un aumento de flota para cumplir la frecuencia objetivo de 10 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 639			
Ruta: 639	Denominación: Santo Domingo - Codito	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Padrón
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



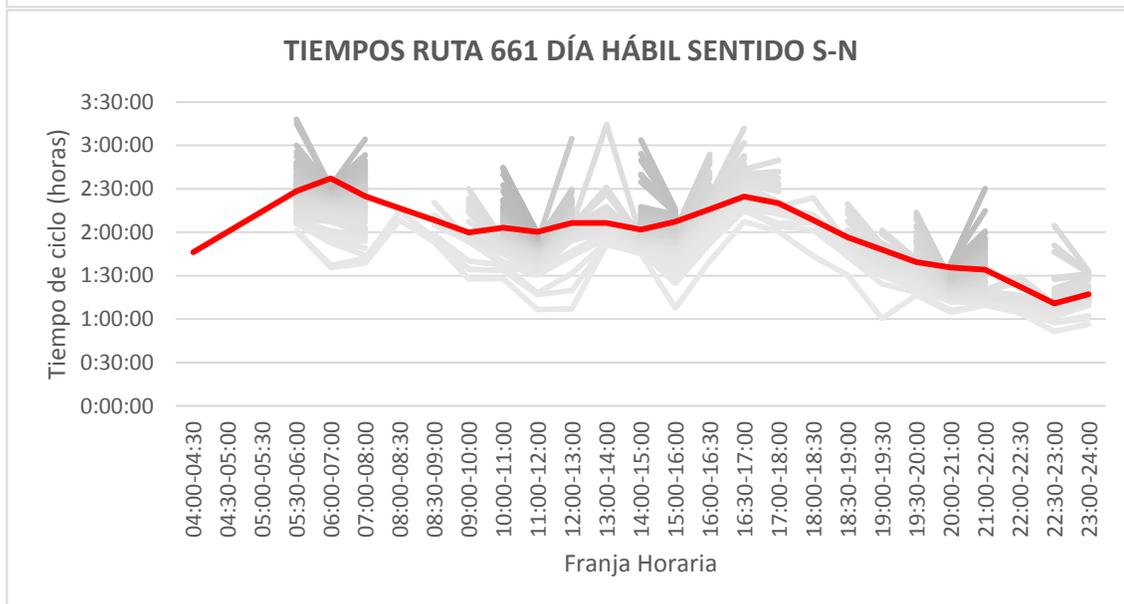
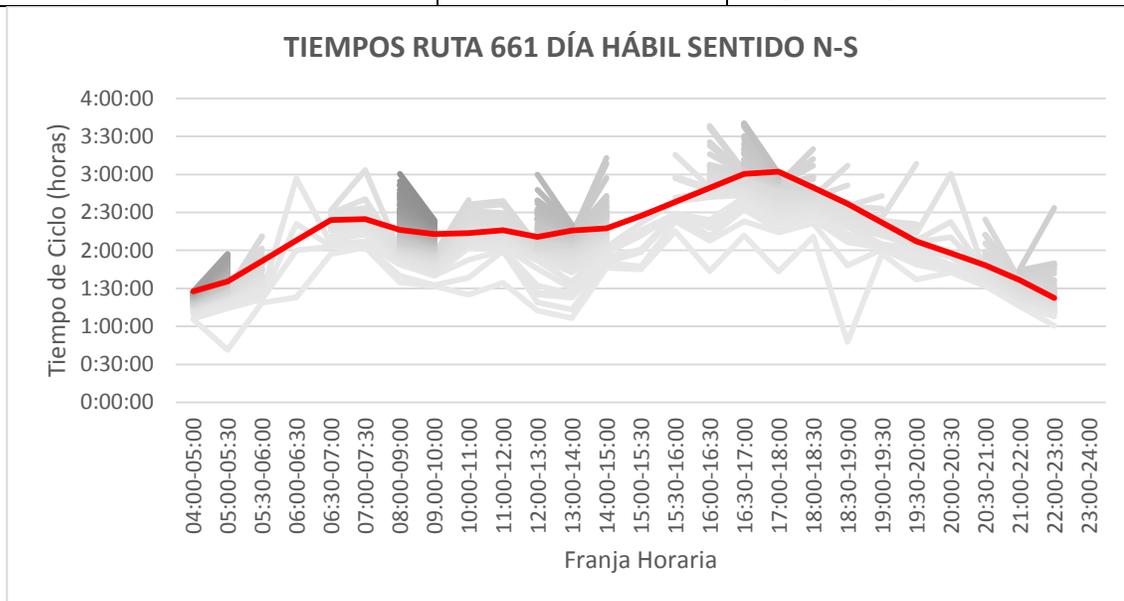
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 5 horas y 16 minutos (316 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 220 minutos (3 horas y 40 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 43 padrones y una frecuencia de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 96 minutos, lo cual genera la necesidad de 36 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 661			
Ruta: 661	Denominación: Diana Turbay - Andalucía	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Busetas
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	

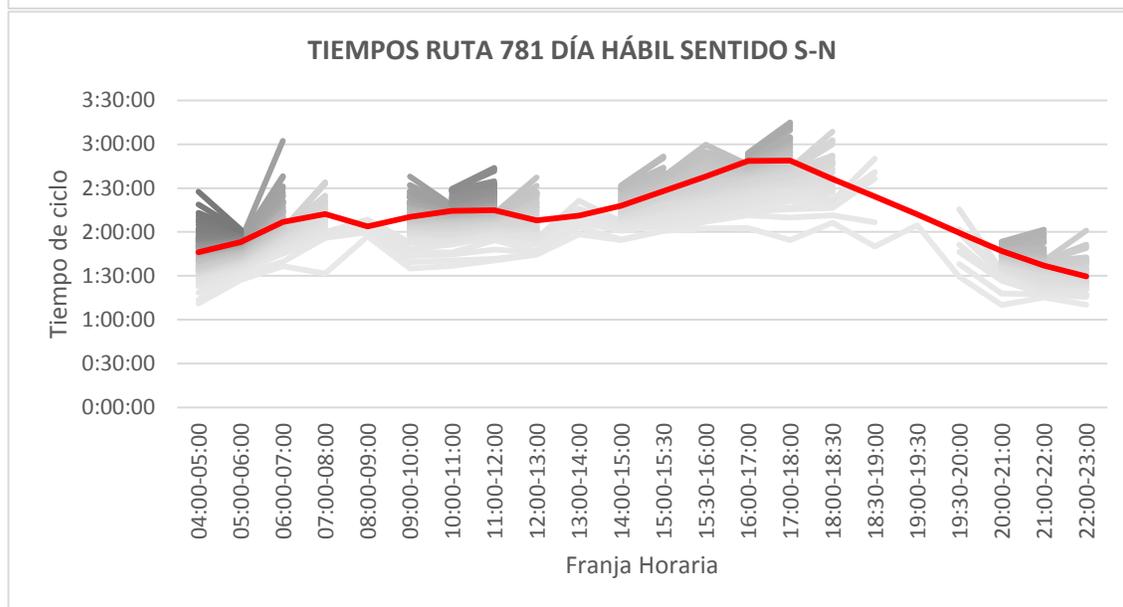
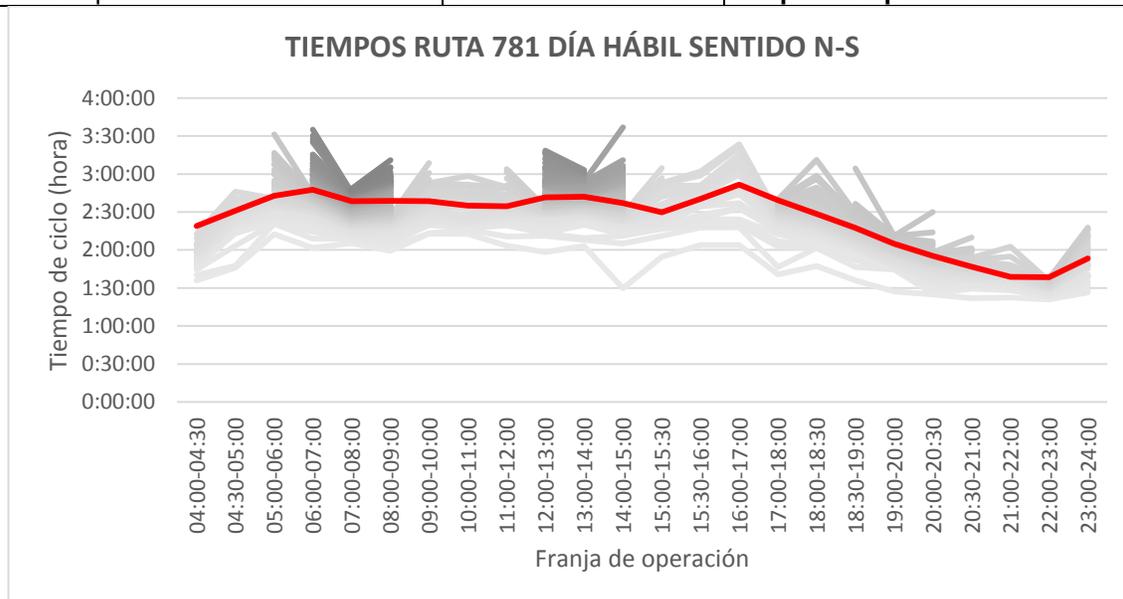


Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 5 horas y 22 minutos (322 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 258 minutos (4 horas y 18 minutos) de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo, 33 Busetas y una frecuencia de 7,5 veh/hora. Se logra determinar un incremento de 64 minutos, lo cual genera la necesidad de 8 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 7,5 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 781			
Ruta: 781	Denominación: Lijacá – Bosa San José	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Busetas
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



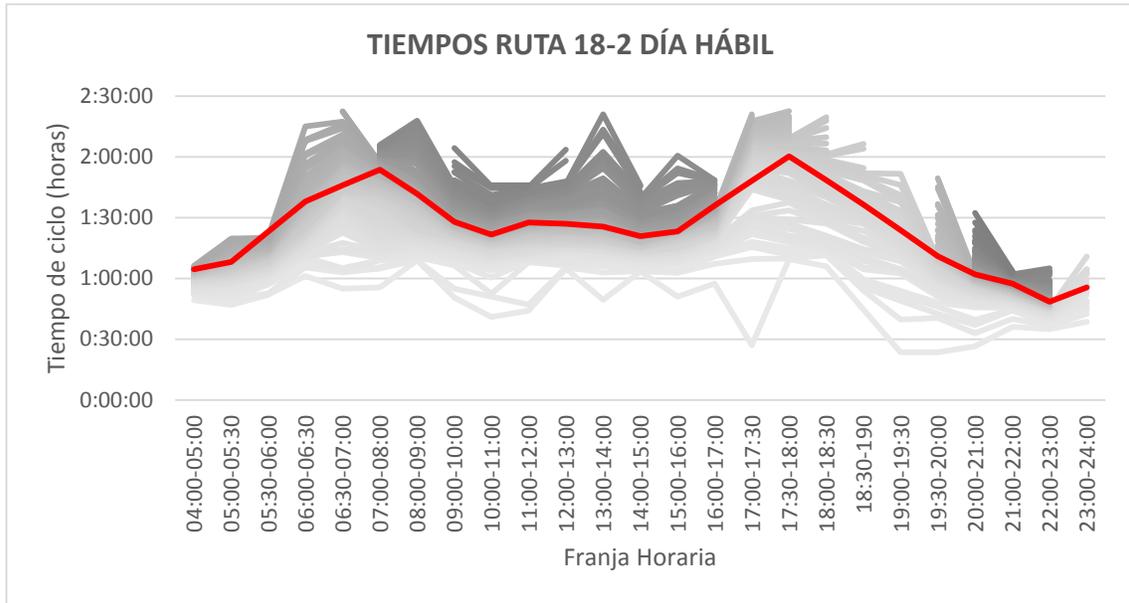
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 5 horas y 41 minutos (341 minutos) en la franja de 16 a 17 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 257 minutos (4 horas y 17 minutos) de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo, 33 Busetas y una frecuencia de 7,5 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 84 minutos, lo cual genera la necesidad de 10 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 7,5 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 18-2			
Ruta: 18-2	Denominación: Barrancas	Tipo de ruta: Complementaria	Tipología: Padrón
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 2 horas (120 minutos) en la franja de 17:30 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 48 minutos de tiempo de ciclo, minutos de intervalo óptimo, 6 padrones y una frecuencia de 8 veh/hora. Se logra determinar un incremento de 72 minutos, lo cual genera la necesidad de 9 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora. En el diseño referente la ruta se estableció como una ruta alimentadora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 18-5			
Ruta: 18-5	Denominación: Capri	Tipo de ruta: Complementaria	Tipología: Padrón
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	

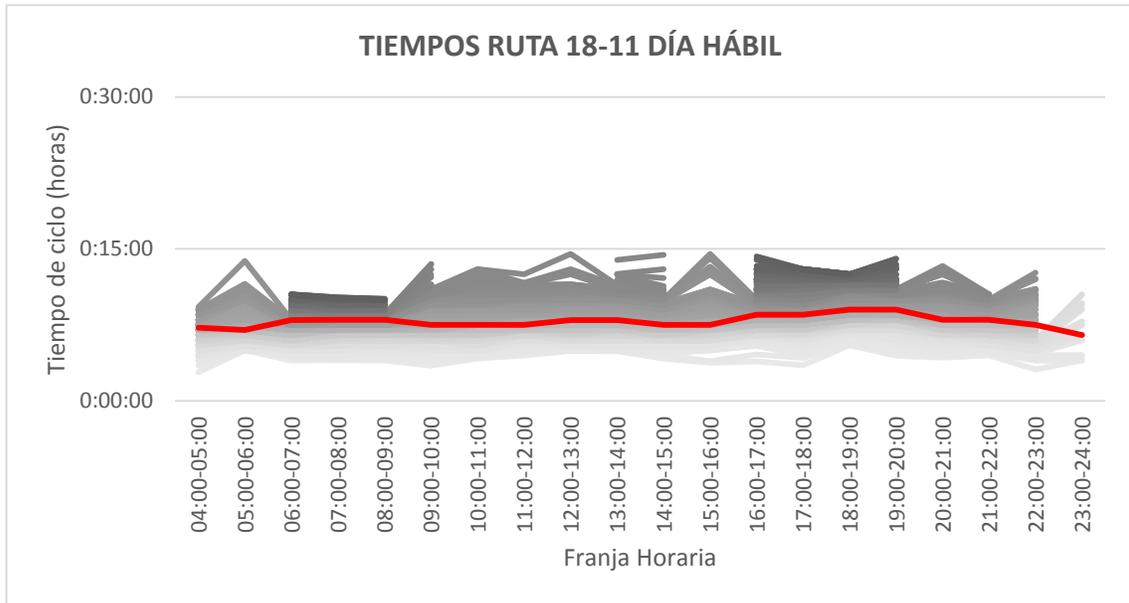
TIEMPOS RUTA 18-5 DÍA HÁBIL

Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 1 hora y 38 minutos (98 minutos) en la franja de 17:30 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 45 minutos de tiempo de ciclo, minutos de intervalo óptimo, 6 padrones y una frecuencia de 8 veh/hora. Se logra determinar un incremento de 53 minutos, lo cual genera la necesidad de 7 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora. En el diseño referente la ruta se estableció como una ruta alimentadora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 18-11			
Ruta: 18-11	Denominación: Unicerros	Tipo de ruta: Especial	Tipología: Microbús
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	

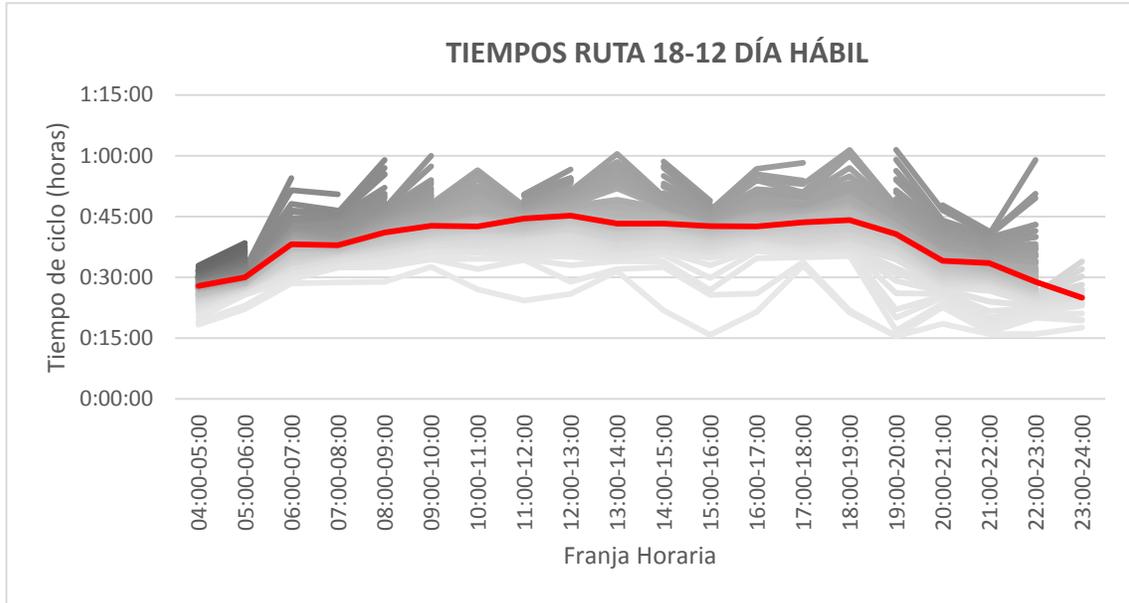


Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 9 minutos en la franja de 16 a 20 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 12 minutos de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo óptimo, 2 microbuses y una frecuencia de 8 veh/hora. Se logra determinar una disminución de 3 minutos, lo cual no genera la necesidad de vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

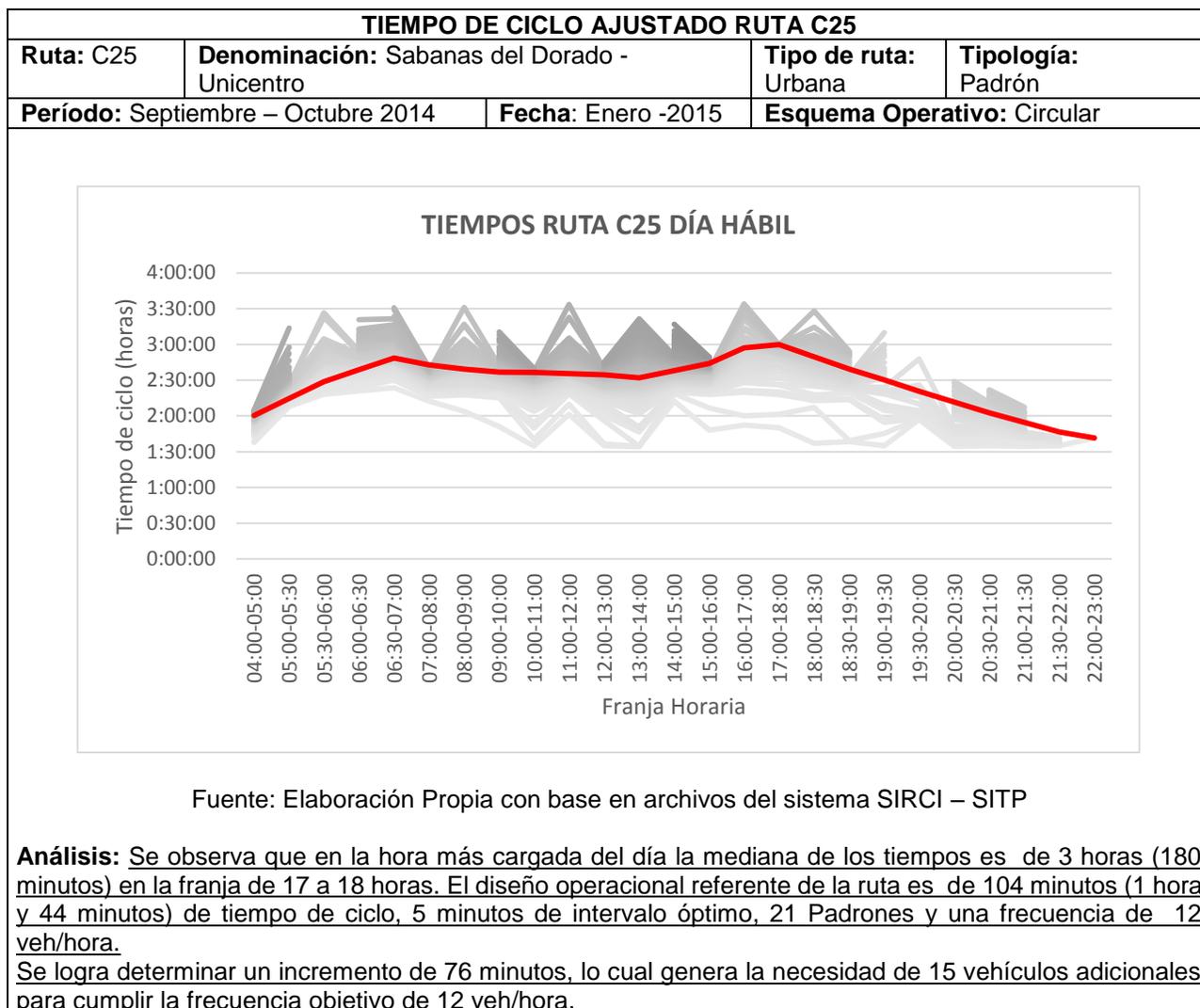
TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA 18-12			
Ruta: 18-12	Denominación: Paraiso	Tipo de ruta: Especial	Tipología: Microbús
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

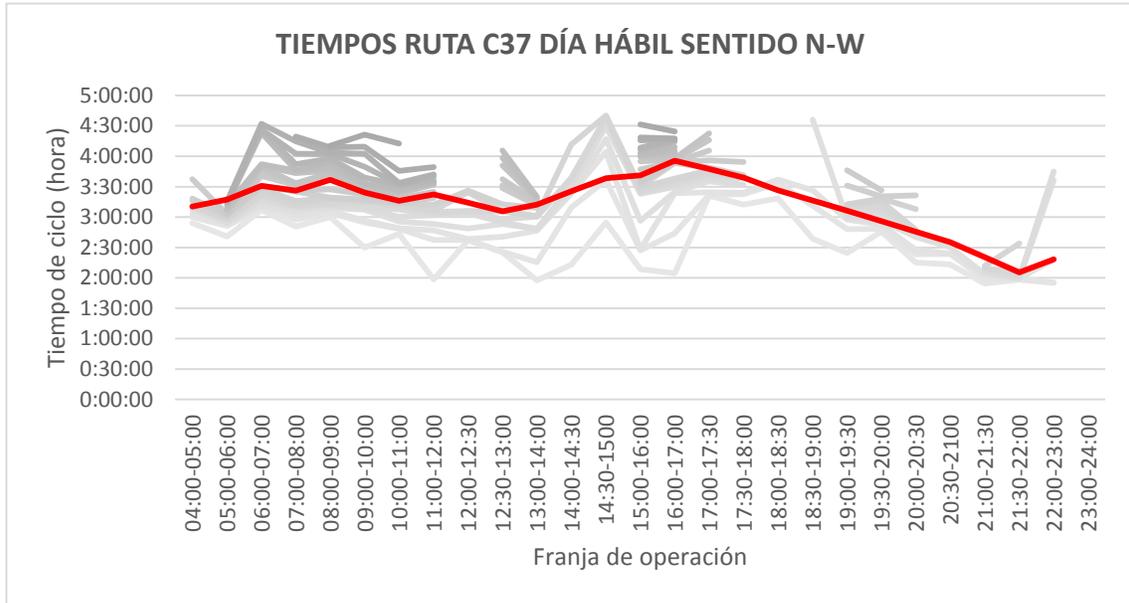
Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 45 minutos en la franja de 11 a 13 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 12 minutos de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo óptimo, 2 microbuses y una frecuencia de 8 veh/hora. Se logra determinar un incremento de 323 minutos, lo cual genera la necesidad de 4 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA C37			
Ruta: C37	Denominación: Villas de Granada - Mazurén	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Padrón
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Circular	



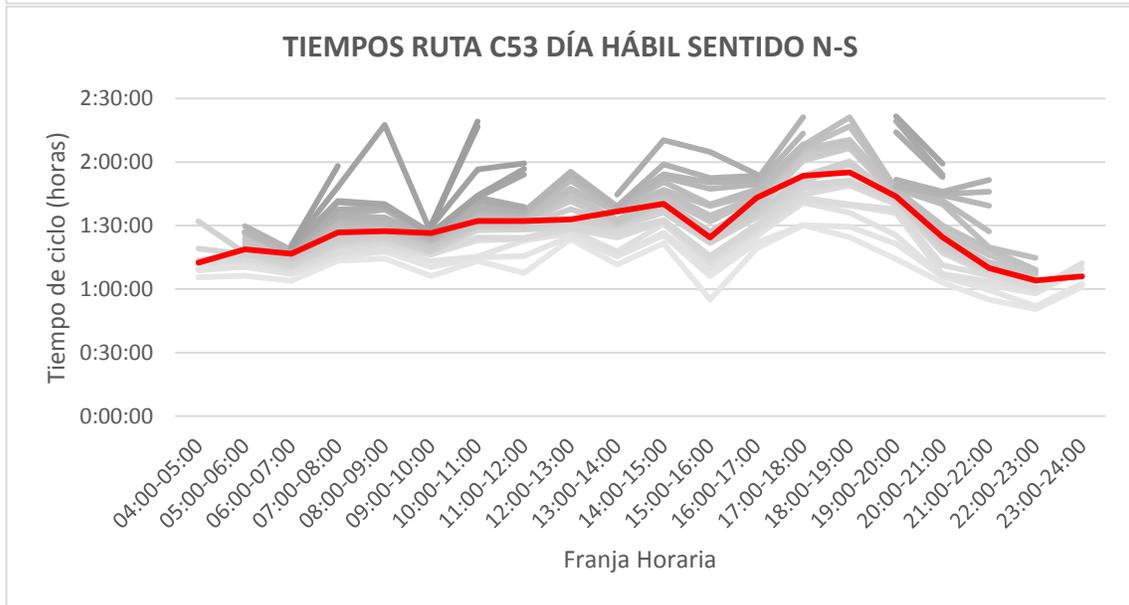
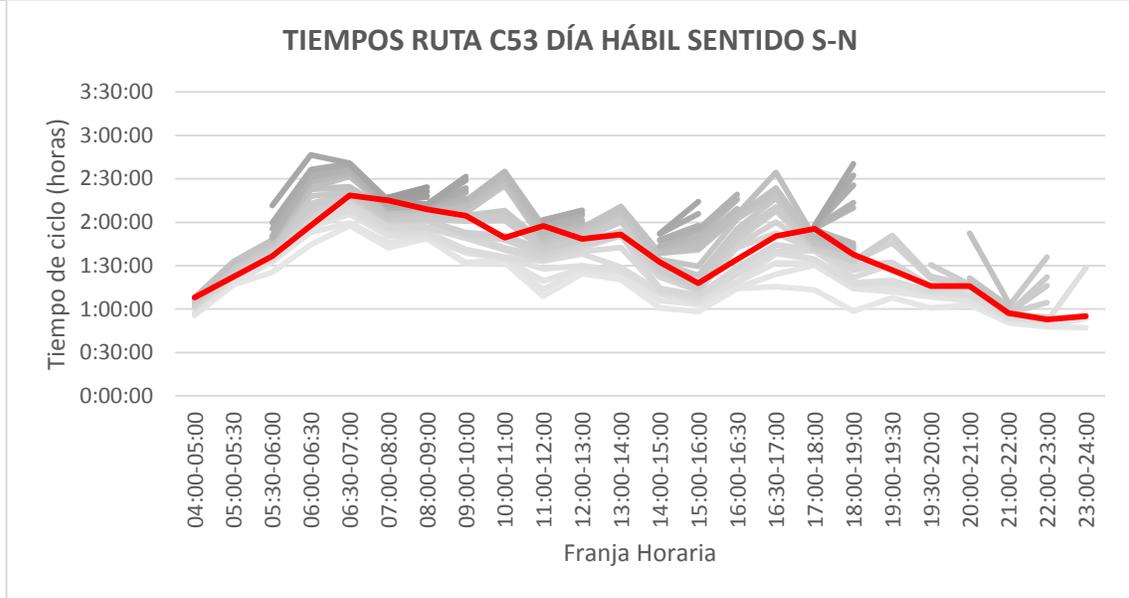
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 56 minutos (236 minutos) en la franja de 16 a 17 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 127 minutos (2 horas y 7 minutos) de tiempo de ciclo, 6 minutos de intervalo óptimo, 21 padrones y una frecuencia de 10 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 109 minutos, lo cual genera la necesidad de 19 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 9 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA C53			
Ruta: C53	Denominación: Acacias sur - Unicentro	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



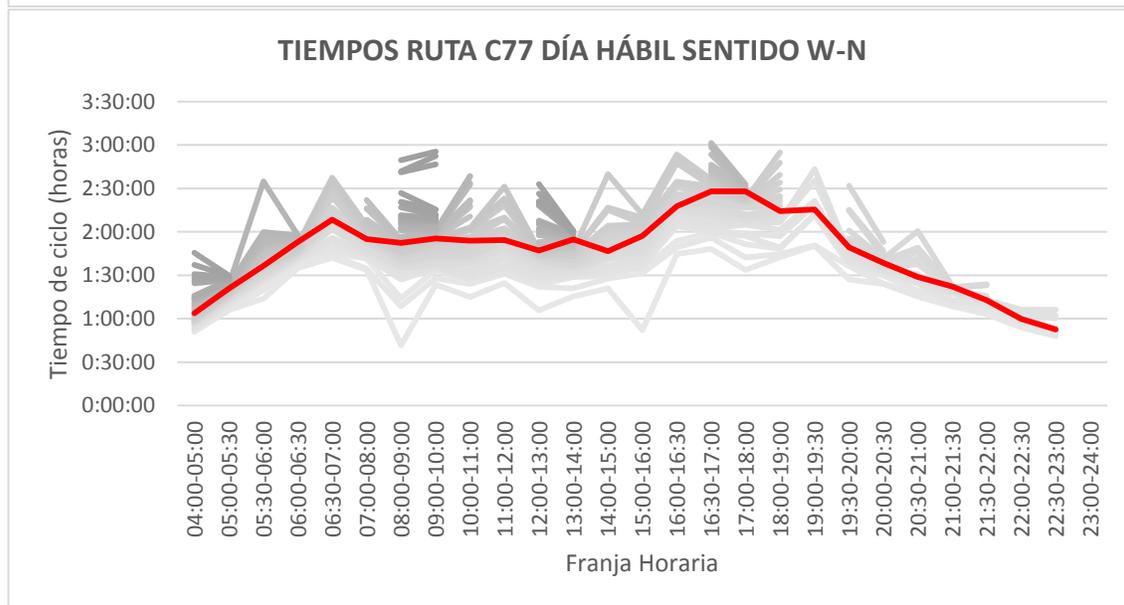
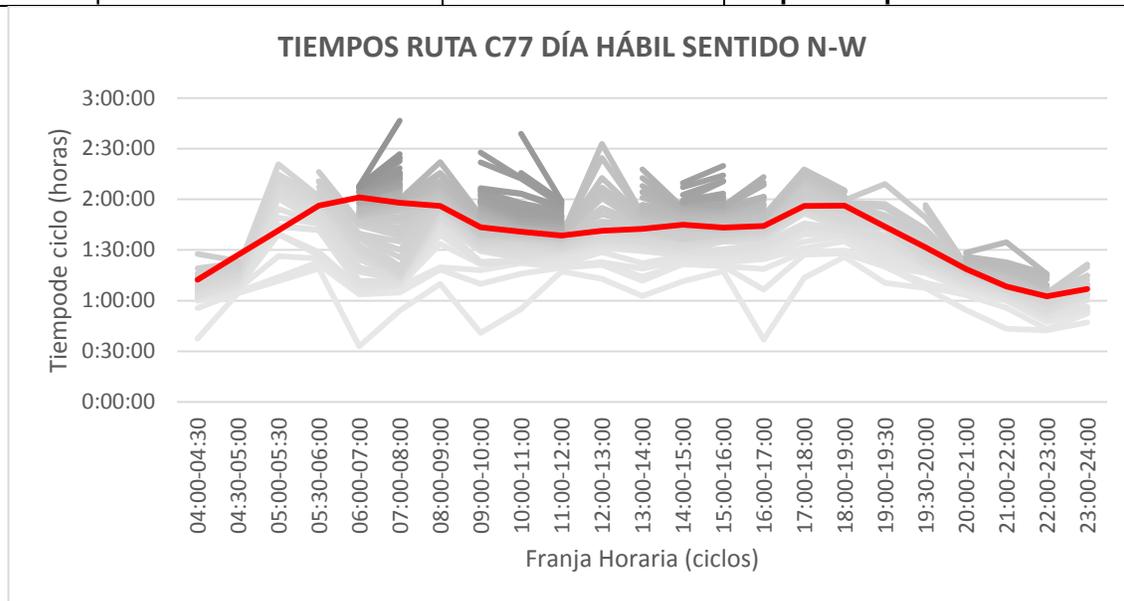
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 36 minutos (216 minutos) en la franja de 6 a 7 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 175 minutos (2 horas y 55 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 37 buses y una frecuencia óptima de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 41 minutos, lo cual genera la necesidad de 17 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA C77			
Ruta: C77	Denominación: Lijacá – Tintalá	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



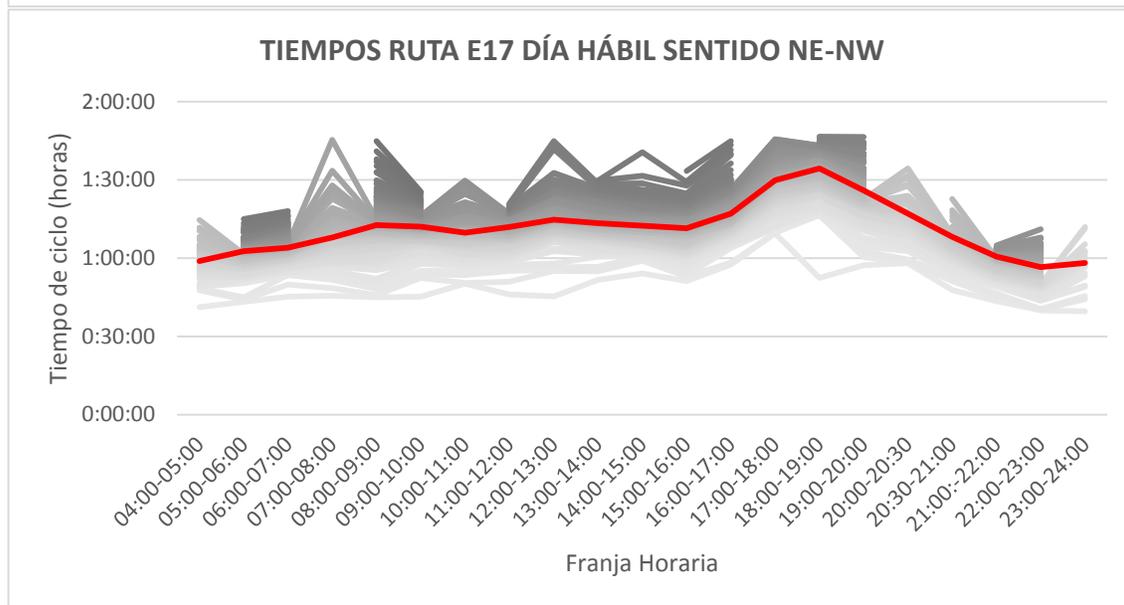
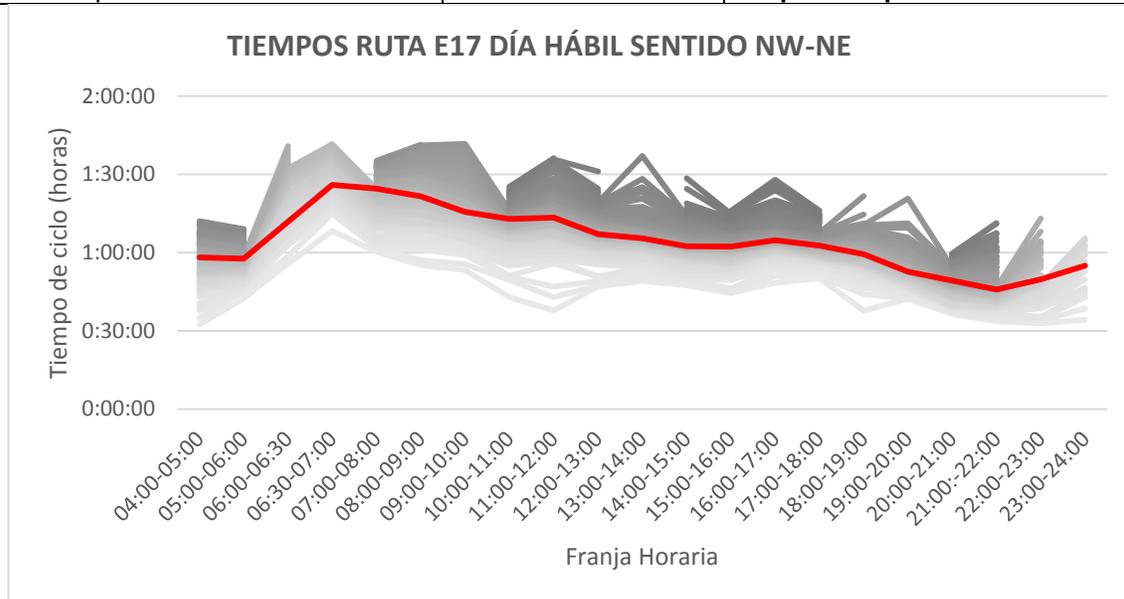
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 4 horas y 24 minutos (264 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 196 minutos (3 horas y 167 minutos) de tiempo de ciclo, 6 minutos de intervalo óptimo, 30 buses y una frecuencia de 10 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 68 minutos, lo cual genera la necesidad de 14 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 10 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA E17			
Ruta: E17	Denominación: Villa Gloria - Chicó	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



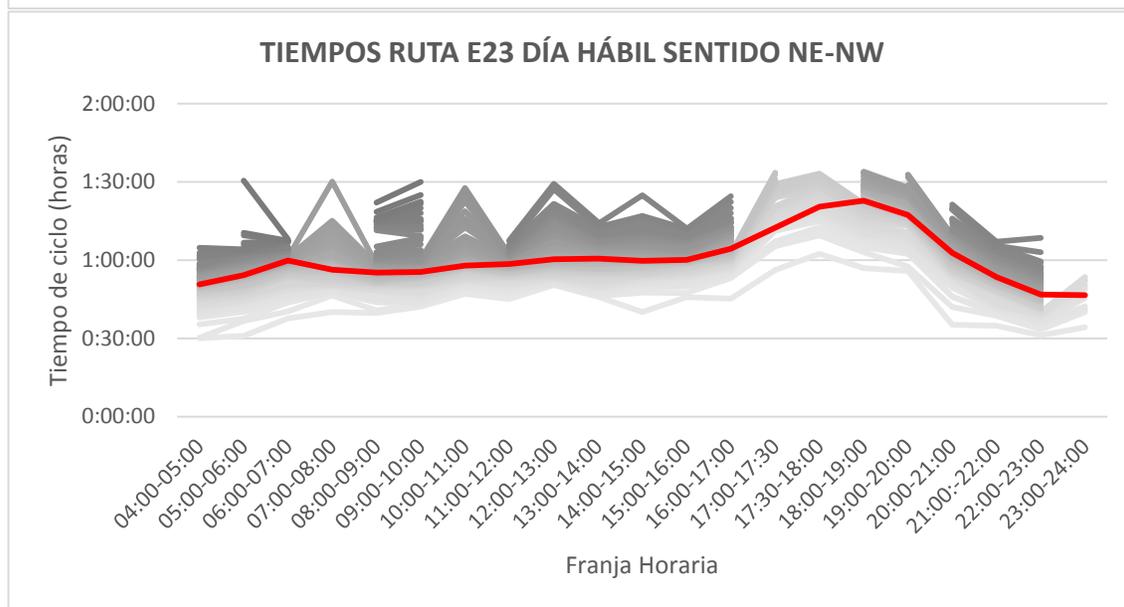
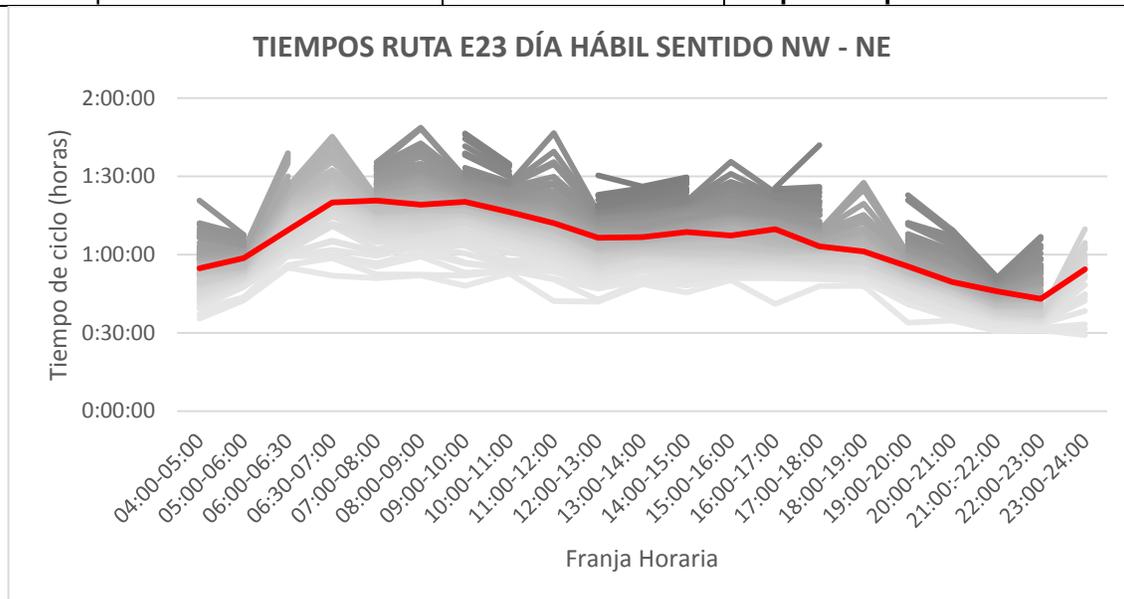
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 2 horas y 35 minutos (155 minutos) en la franja de 8 a 9 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 112 minutos (1 hora y 52 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 28 buses y una frecuencia de 15 veh/hora.

Se logra determinar un aumento de 43 minutos, lo cual genera la necesidad de 11 vehículos adicionales para garantizar la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA E23			
Ruta: E23	Denominación: Villa Gloria – Santa Bárbara	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	

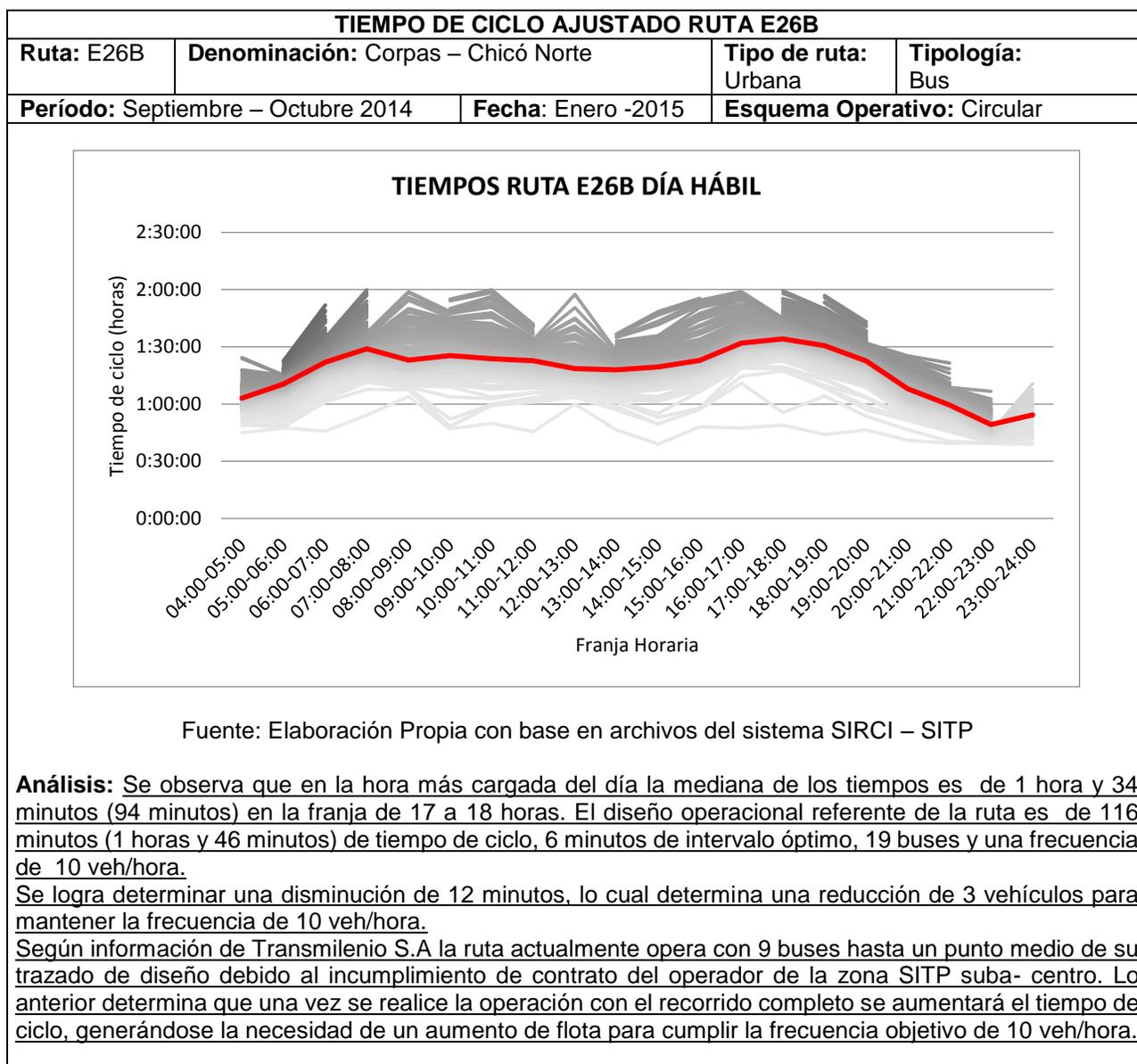


Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 2 horas y 17 minutos (137 minutos) en la franja de 7 a 8 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 106 minutos (1 hora y 46 minutos) de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo óptimo, 13 buses y una frecuencia de 8 veh/hora.

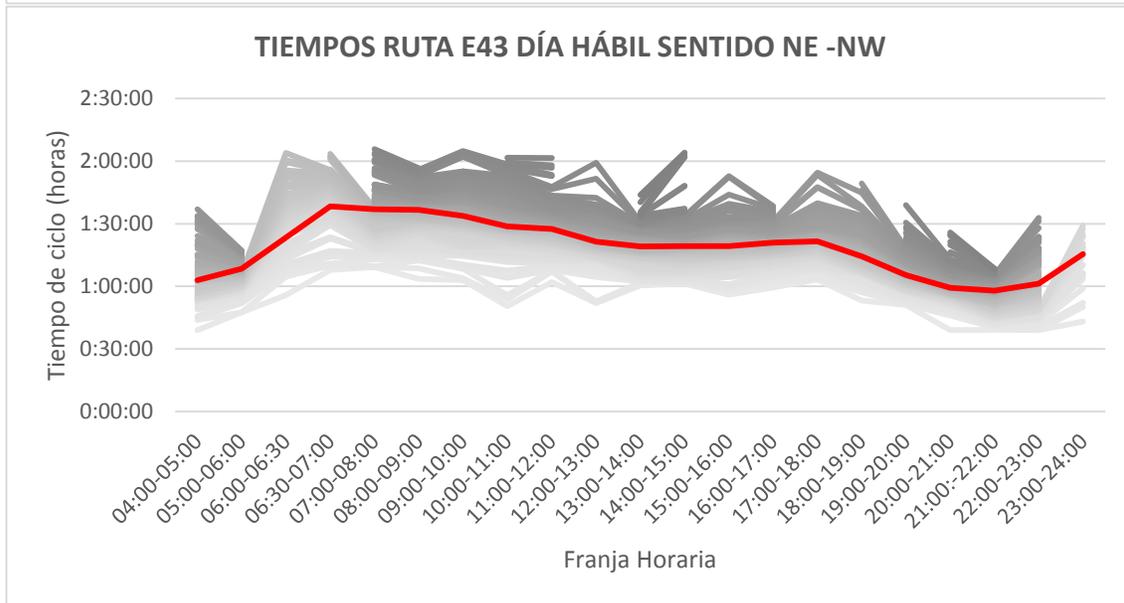
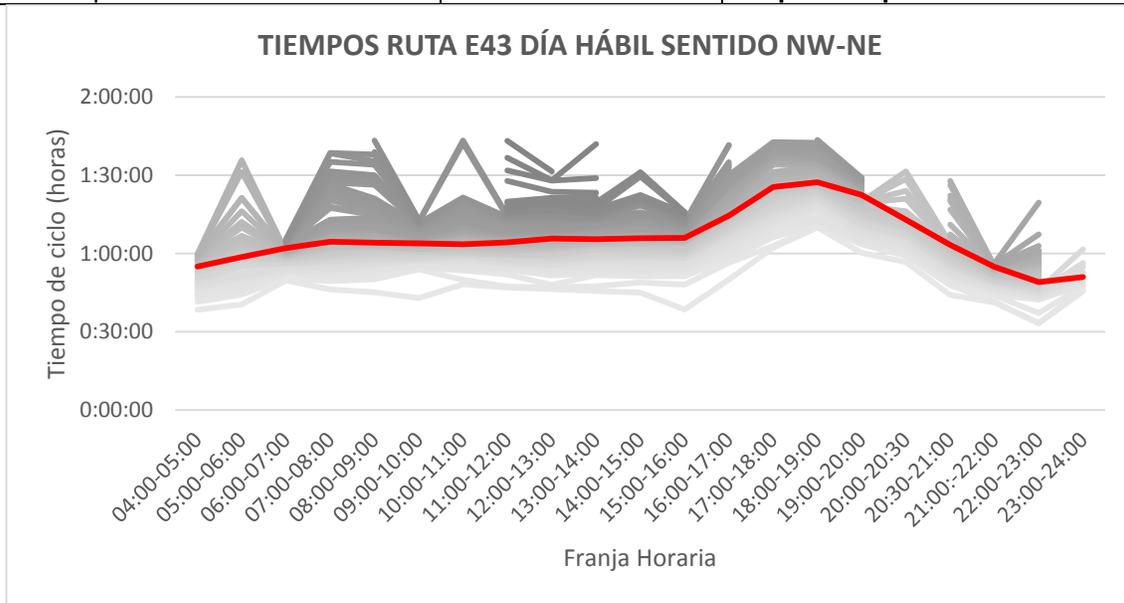
Se logra determinar un aumento de 31 minutos, lo cual genera la necesidad de 15 vehículos adicionales para garantizar la frecuencia objetivo de 8 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA E43			
Ruta: E43	Denominación: Villa Gloria - Chicó	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

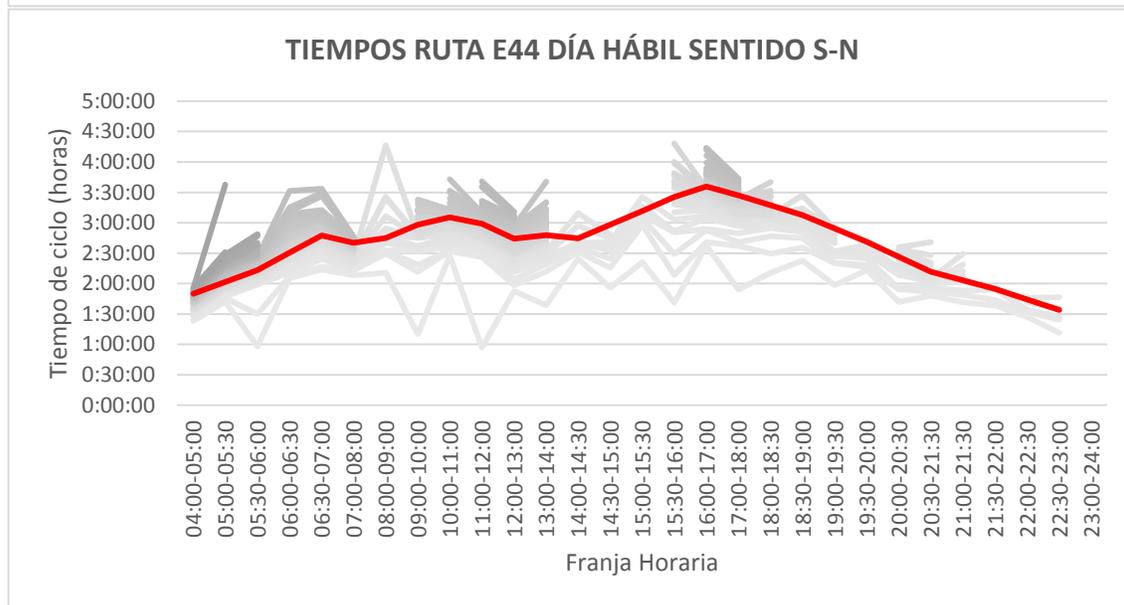
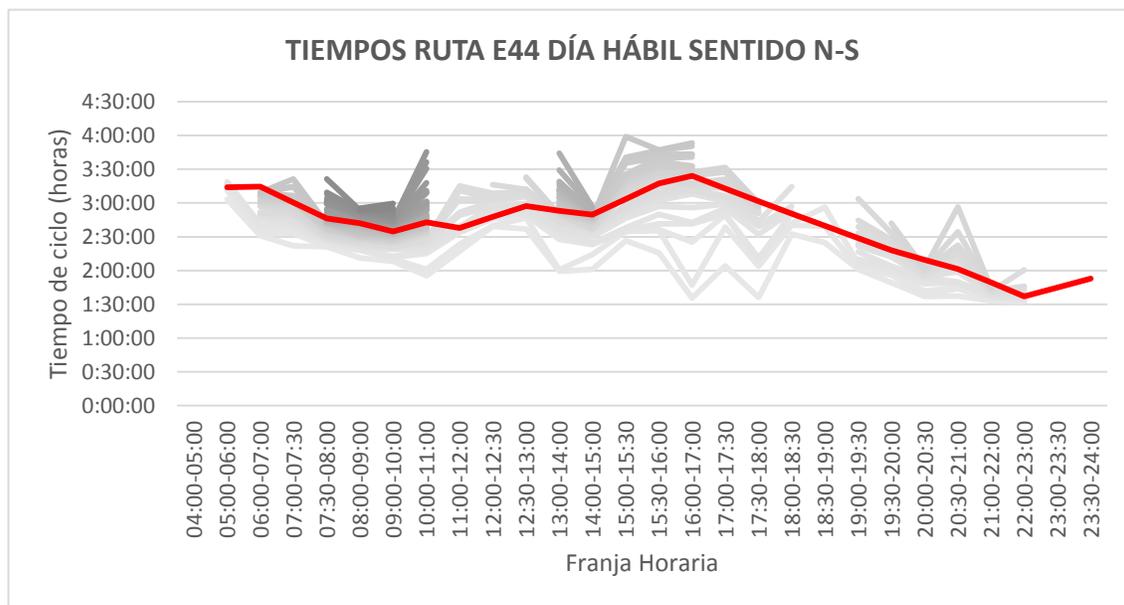
Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 2 horas y 47 minutos (167 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 130 minutos (2 horas y 10 minutos) de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo óptimo, 17 buses y una frecuencia de 8 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 37 minutos, lo cual genera la necesidad de 4 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA E44

Ruta: E44	Denominación: Serranías - Andalucía	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014		Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera

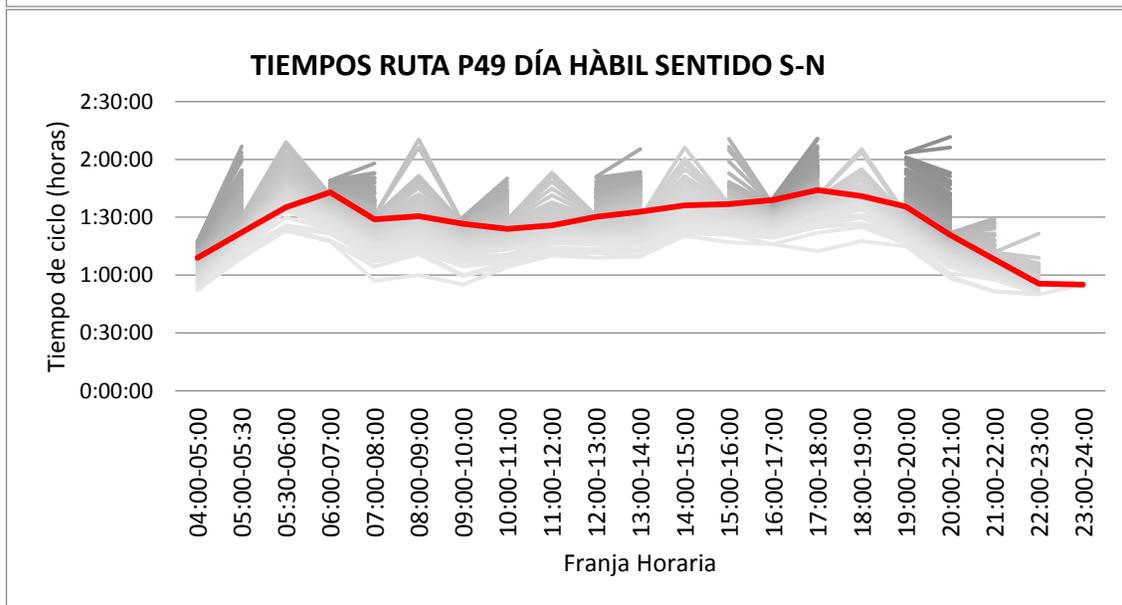
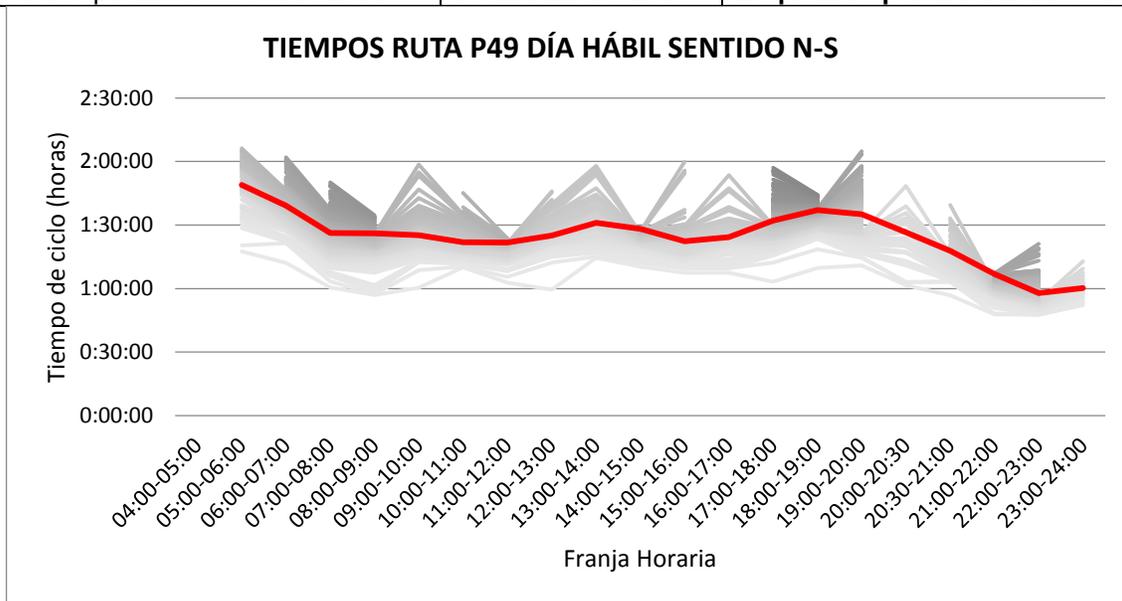


Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 7 horas (420 minutos) en la franja de 16 a 17 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 284 minutos (4 horas y 44 minutos) de tiempo de ciclo, 7 minutos de intervalo óptimo, 38 Buses y una frecuencia de 9 veh/hora. Se logra determinar un incremento de 136 minutos, lo cual genera la necesidad de 22 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 9 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA P49			
Ruta: P49	Denominación: Villa Galdys - Lijacá	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



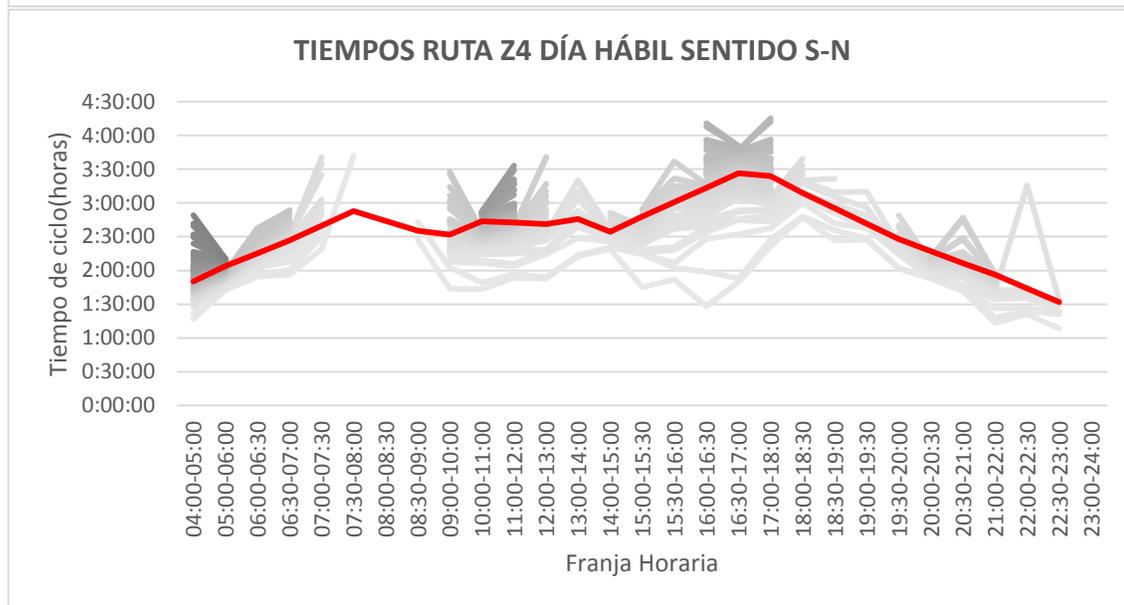
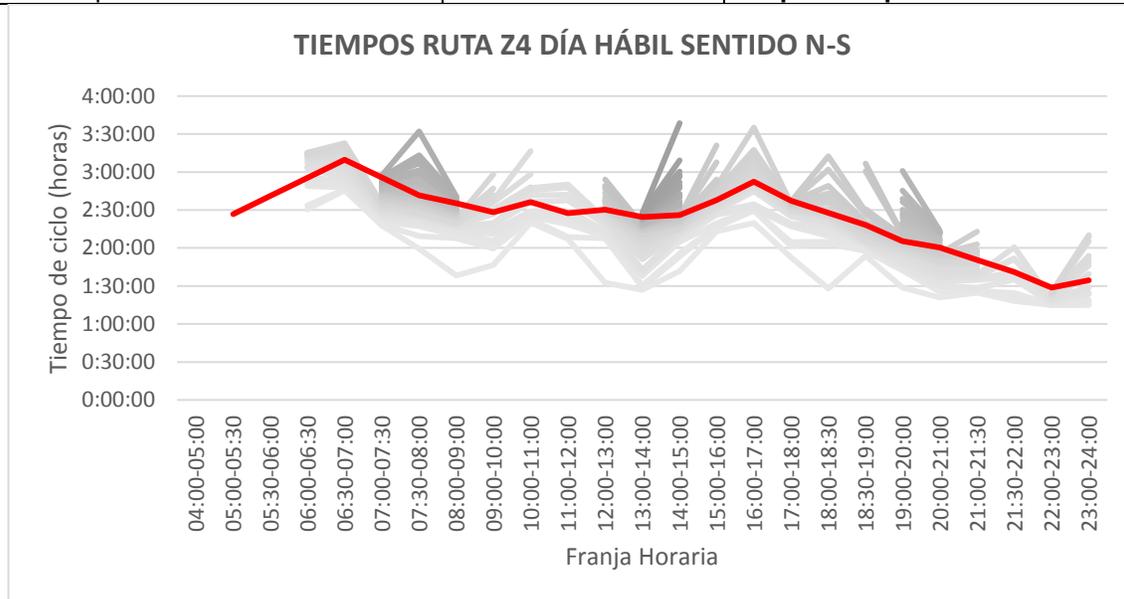
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 3 horas y 22 minutos (202 minutos) en la franja de 6 a 7 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 174 minutos (2 horas y 54 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 37 buses y una frecuencia óptima de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 28 minutos, lo cual genera la necesidad de 14 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15e veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA Z4			
Ruta: Z4	Denominación: Toberín - Metrovivienda	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



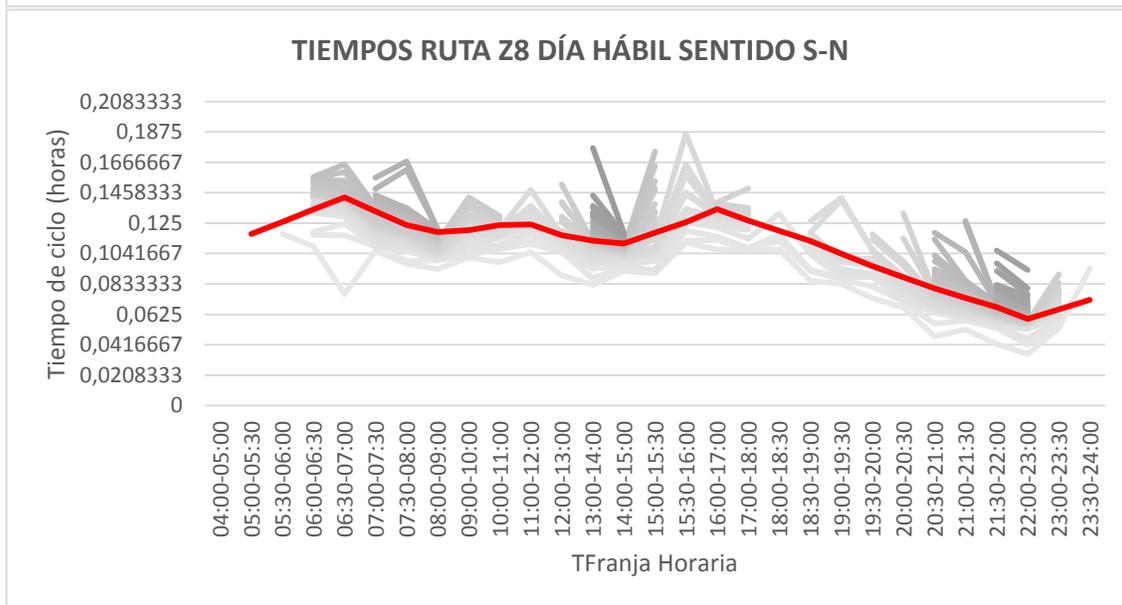
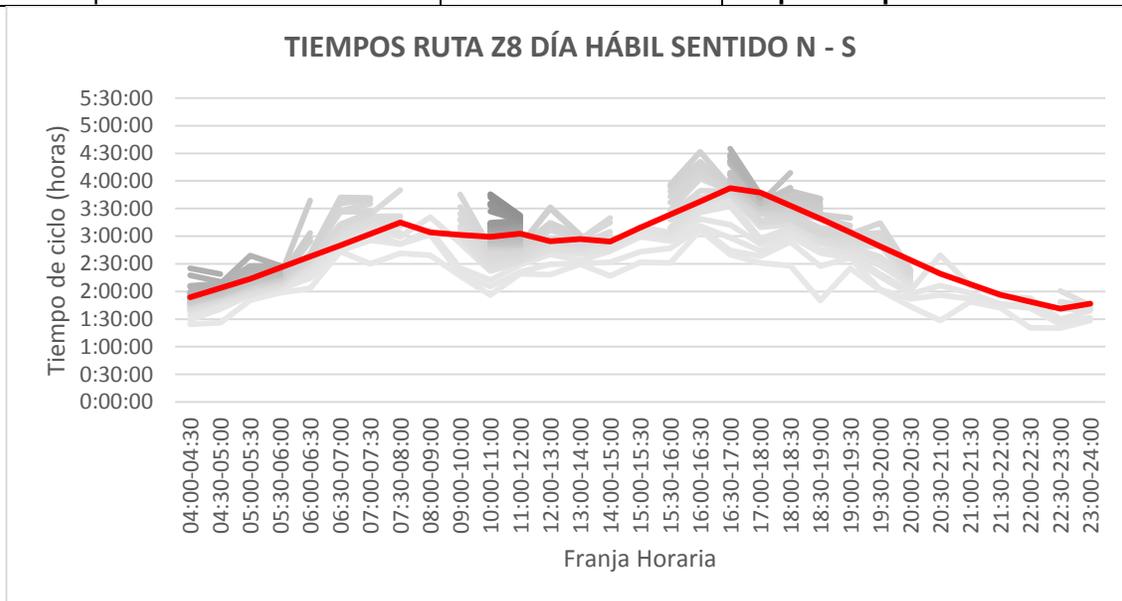
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 6 horas y 18 minutos (378 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 250 minutos (4 horas y 10 minutos) de tiempo de ciclo, 4 minutos de intervalo óptimo, 47 buses y una frecuencia óptima de 15 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 128 minutos, lo cual genera la necesidad de 48 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 15 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA Z8			
Ruta: Z8	Denominación: Toberín - Metrovivienda	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Busetas
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



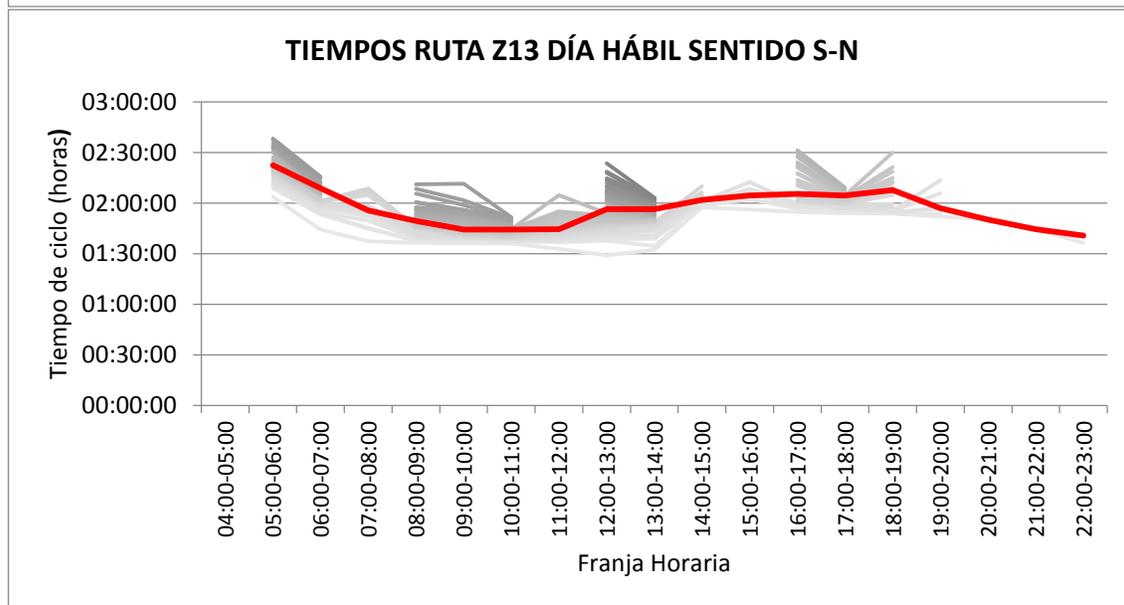
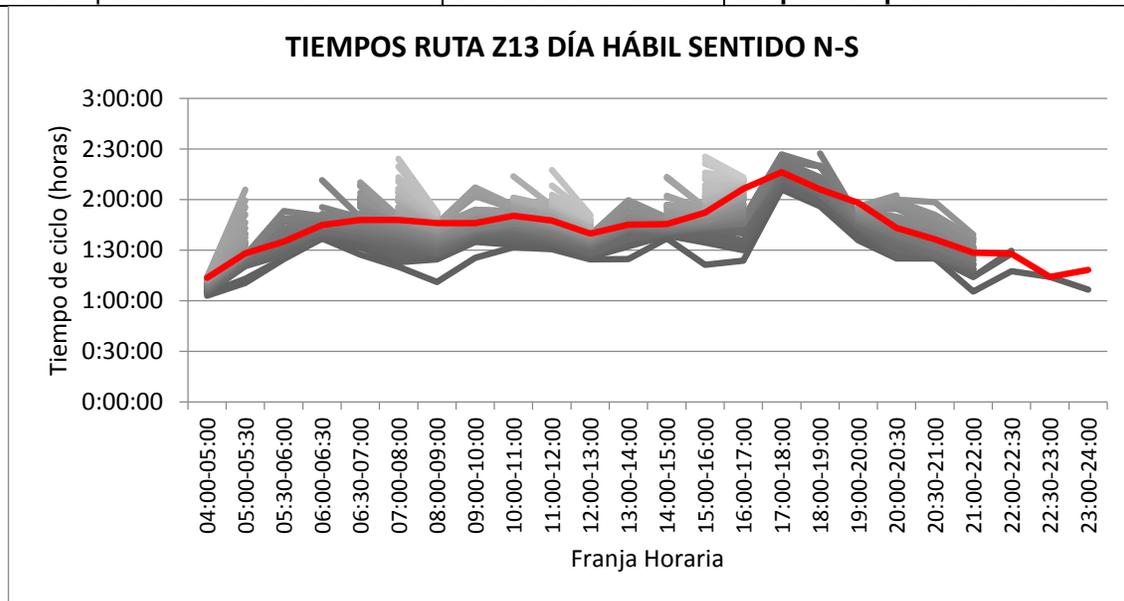
Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 7 horas y 6 minutos (426 minutos) en la franja de 16:30 a 17 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 270 minutos (4 horas y 30 minutos) de tiempo de ciclo, 8 minutos de intervalo óptimo, 34 busetas y una frecuencia de 8 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 156 minutos, lo cual genera la necesidad de 20 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 8 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE CICLO AJUSTADO RUTA Z13			
Ruta: Z13	Denominación: Toberín- Metrovivienda	Tipo de ruta: Urbana	Tipología: Bus
Período: Septiembre – Octubre 2014	Fecha: Enero -2015	Esquema Operativo: Doble Cabecera	



Fuente: Elaboración Propia con base en archivos del sistema SIRCI – SITP

Análisis: Se observa que en la hora más cargada del día la mediana de los tiempos es de 4 horas y 21 minutos (261 minutos) en la franja de 17 a 18 horas. El diseño operacional referente de la ruta es de 206 minutos (3 horas y 26 minutos) de tiempo de ciclo, 7 minutos de intervalo óptimo, 28 buses y una frecuencia óptima de 9 veh/hora.

Se logra determinar un incremento de 55 minutos, lo cual genera la necesidad de 10 vehículos adicionales para cumplir la frecuencia objetivo de 9 veh/hora.

Fuente: Elaboración propia