CAPITULO 9

Plan de Sistema de Troncal de Autobuses

9. PLAN DE SISTEMA DE TRONCAL DE AUTOBUSES

9.1. GENERAL

La demanda de pasajeros de autobús troncal fúe estimada para 6 y 40 rutas en 2000 y 2005 respectivamente en el Capítulo 8. Este capítulo maneja información adicional para la troncal de autobús tal como demanda de pasajeros y configuración de rutas, teniendo en cuenta los aspectos de operación real e ingeniería.

En 2000, seis (6) rutas de autobús troncal se examinan y las rutas finales de autobús troncal convergen en cuatro (4) rutas, reduciéndolas por la escasa demanda o por longitud. En 2005, suprimiendo las rutas difíciles para que sea mas fácil que se empalmen con otras, así como también rutas de poca demanda o trayecto muy largo, para que las rutas en operación se integren finalmente en aproximadamente 30 rutas. Esto es porque es mejor para los pasajeros que pocas rutas se sirvan en la misma vía de autobús.

Finalmente, en las rutas cortas e integradas, se propone la operación de autobuses troncales y sistemas expresos en las horas pico tales como el de frecuencia programada, y flotas de autobús de ruta y destino específico. Según las flotas destinadas, se discute el número de flotas proveídas por autobuses troncales y por autobuses expresos, también, incluso la compra de una flota de autobuses.

La Figura 9.1-1 muestra los procedimientos de planificación del sistema de autobús troncal en el Capítulo 9.

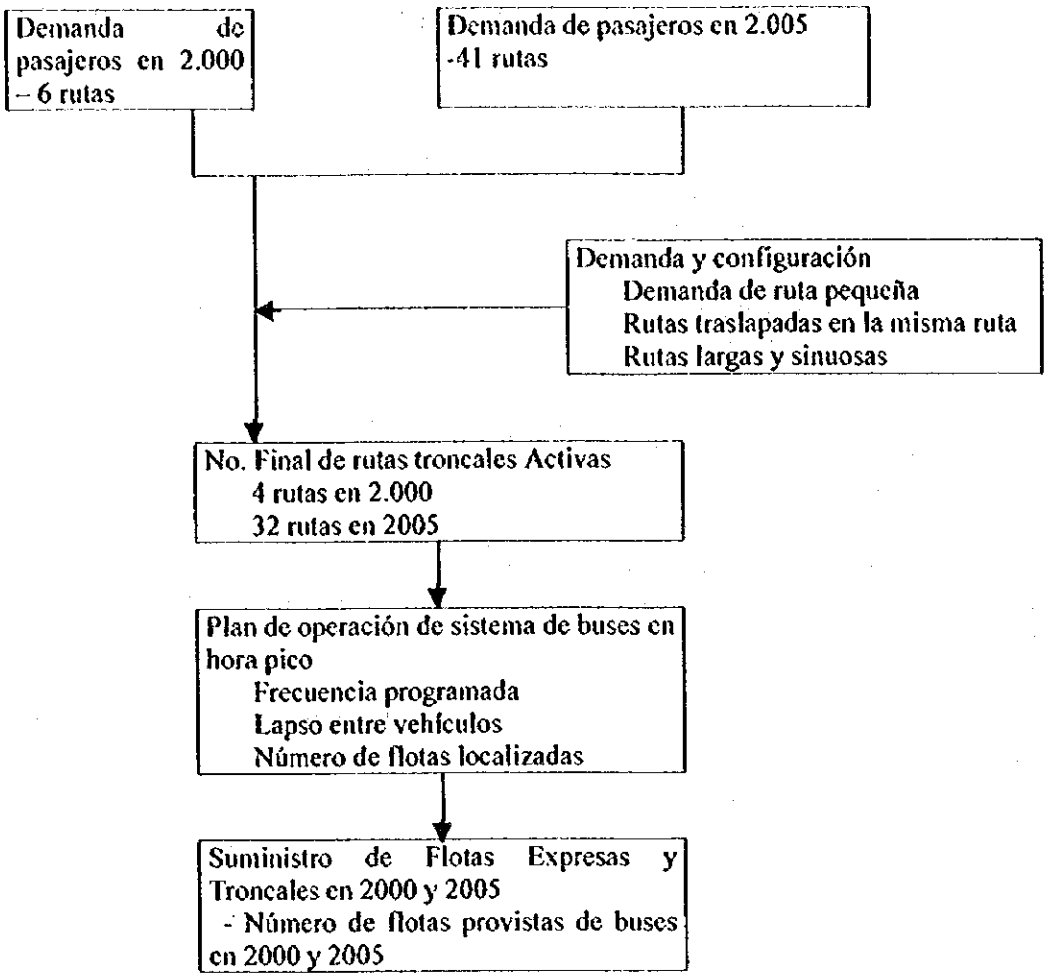

Figura 9.1-1 Procedimientos de planificación del sistema de Autobús de Troncal

9.2. CONFIGURACION DE VÍAS DE SOLOBUS

9.2.1. AREA CUBIERTA POR LA TRONCAL SOLOBUS

En el Estudio, en 2005, los buses troncales y los autobuses expresos se operan sobre las 11 vías troncales con aproximadamente 40 rutas de autobús troncal, apoyándose con los autobuses ordinarios suplementarios que se operan sobre las vías ordinarias con el sistema actual de autobuses. Las 11 vías solobús se planifican sobre las vías importantes existentes en Bogotá. Dichas vías funcionan como una arteria. La configuración vial se compone de vías circulares y radiales. Los corredores radiales conectan el centro urbano con el exterior suburbano. Las áreas a lo largo de los corredores radiales son áreas principalmente residenciales. Los residentes de estas zonas se transportan al centro urbano usando el transporte público por los pasillos radiales. Como esos pasillos radiales, sin embargo, finalmente convergen en la Av. Caracas, la vía de solobús sobre esta ruta está muy congestionada en los flujos de autobús.

Esas vías solobús cubren las áreas principales de Bogotá en 2005. La Figura 9.2-1 muestra la población dentro las áreas cubiertas entre 500 mts y 1 km a lo largo de la troncal de solobús. La población está cubierta por dos áreas clasificadas: el área urbana rodeada por la Av. de Américas y la Calle 170 y el área suburbana rodeada por el área exterior estimada. Las áreas cubiertas dentro de un ancho entre 500 mts y 1 km a los costados de las once (11) vías troncales solobús se establecen para la estimación de la población cubierta por el

sistema de autobús troncal. Como se puede ver, la relación de población cubierta en 1 km de ancho dentro del total es aproximadamente del 80% en el área urbana y 30% en las otras. A partir del 2000, tres únicas (3) vías troncales solobús se planifican, la relación de población cubierta dentro de 1 km de ancho es aproximadamente 40% en el área urbana y 10% en las otras.

Según la figura de arriba, casi todos los residentes en las áreas urbanas que rodean la Av. de las Américas y la Calle 170 reciben directamente un servicio del sistema de autobús troncal, mientras que el beneficio de residentes en las áreas suburbanas de este sistema es bastante bajo.

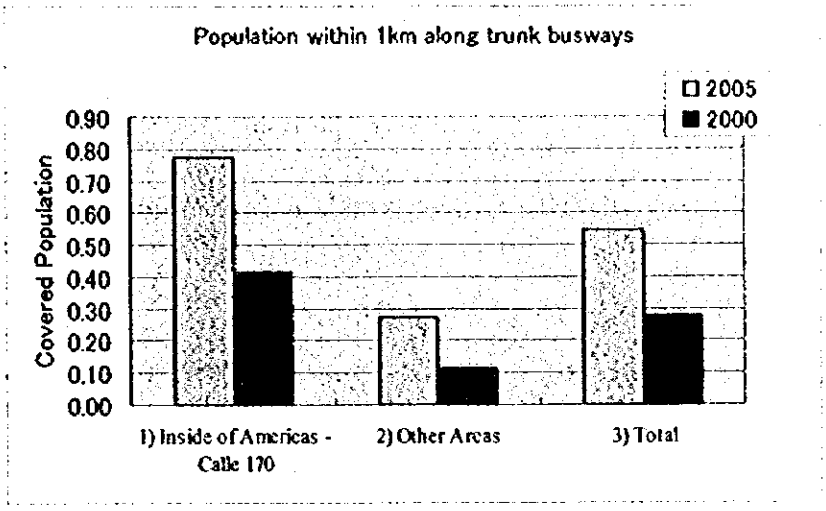

Figura 9.2-1 Area Cubierta por Vía Troncal de solobús

9.2.2. Longitud de la Ruta

En general, es mejor planear una ruta de autobús corta longitud en el área urbana. Es deseable planear una ruta de autobús de 20 km o menos, o de 1 hora o menos tiempo de viaje en una sola dirección. Entre más largas sean las rutas de autobús, es más difícil el control de su operación. La superposición de varias rutas de autobús se debe evitar que sea privativa entre distritos centrales de negocios. Es deseable planear máximo 2 o 3 rutas de autobús sobre la misma vía.

La Figura 9.2-2 resume la comparación entre la longitud de la ruta de autobús de troncal con la longitud ordinaria de ruta, cuyas figuras muestran la distribución de longitud de rutas de autobús. Como puede verse, la longitud de ruta de autobús de troncal sobre aproximadamente 50 autobuses troncales que manejan gamas de rutas desde 10 km hasta 30 km. La longitud promedio está alrededor de 10 -20 km, en contraste con los 20 - 30 kmts en las rutas actuales de autobús.

La Figura 9.2-3 muestra un porcentaje acumulado de distribución de longitud de rutas por la troncal y de autobuses ordinarios. Del 50% por ciento de longitud de ruta, 20 km son aproximadamente para el autobús de ruta troncal y 25 km para las rutas actuales. El porcentaje de las rutas largas con longitud de 25 km o más son el 25% para las rutas troncales y 50% para las rutas actuales, respectivamente.

La longitud de ruta de autobús troncal es más corta que en las rutas actuales y casi todas las rutas son de menos de 25km.

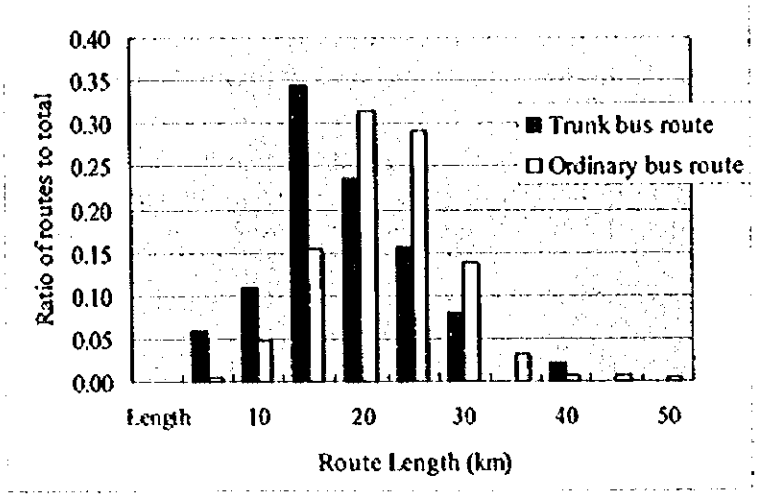

Figura 9.2-2 Distribución de Distancia de Ruta de Autobús entre Troncal y Ordinario

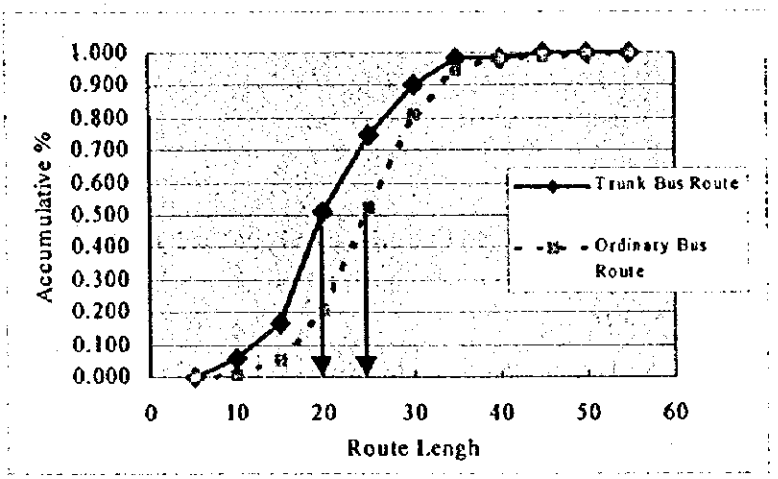

Figura 9.2-3 Porcentaje Acumulativo de Distribución de distancias de Ruta

9.3. CAPACIDAD DE VÍAS DE SOLOBÚS

9.3.1. CONDICIONES DE OPERACION

(1) Capacidad de Linea

La capacidad de línea de vehículo o la capacidad de línea de pasajero (C) es el número máximo de autobuses o pasajeros que pueden transportarse sobre una línea de autobús (ruta) pasando por un punto fijo durante una hora.

La capacidad programada de línea Co es el número de pasajeros que se transportan pasando por un punto fijo bajo un horario de operación determinado. Obviamente,

$$Co \leq C$$

La Tabla 9.3-1 muestra la guía para la frecuencia y capacidad programada de línea de pasajeros. La capacidad de línea se computa como la capacidad del autobús multiplicada por la frecuencia, sobre la suposición de que los autobuses son operados con un lapso de 1 minuto o menos.

El número de autobuses que pasan por un punto de una línea durante una hora es *la frecuencia de servicio f*, que es la inversa de *lapso de servicio h*, el intervalo promedio de tiempo entre dos autobuses consecutivos es:

$$f = \frac{3.600}{h}$$

Tabla 9.3-1 Guía de Capacidad de Pasajeros Programados por Línea

	Capacidad de Autobús (No. de pasajeros por la unidad)	Lapso (sec.)	No. de pasajeros transportó (No. de pasajeros por/hora/dir.)
Autobús Expreso	200	45 - 60	12,000 - 16,000
Autobús de Troncal	100	45 - 60	6000 - 8,000
Autobús de Alimentador	20	45 - 60	1200 - 1,600

(2) Frecuencia y Lapso de Servicio

El transporte se define como el movimiento de *un número de autobuses o de pasajeros (u)* sobre una *distancia (s)* durante un intervalo transcurrido de *tiempo (t)*. Cuando un número de autobuses o los pasajeros se transportan en una ruta de autobús, las relaciones entre esos tres elementos *(u, s* y *t)* definen los atributos básicos de desempeño de ese servicio de transporte.

$$\textit{frecuencia } f = \frac{u}{t}$$

La mayoría de estos atributos se usan extensivamente en describir el sistema de tránsito y su servicio. La frecuencia y su inversa, lapso, son los elementos básicos para programar. Las medidas de desempeño de tránsito y los conceptos definidos hasta ahora se presentan gráficamente en la Figura 9.3-1.

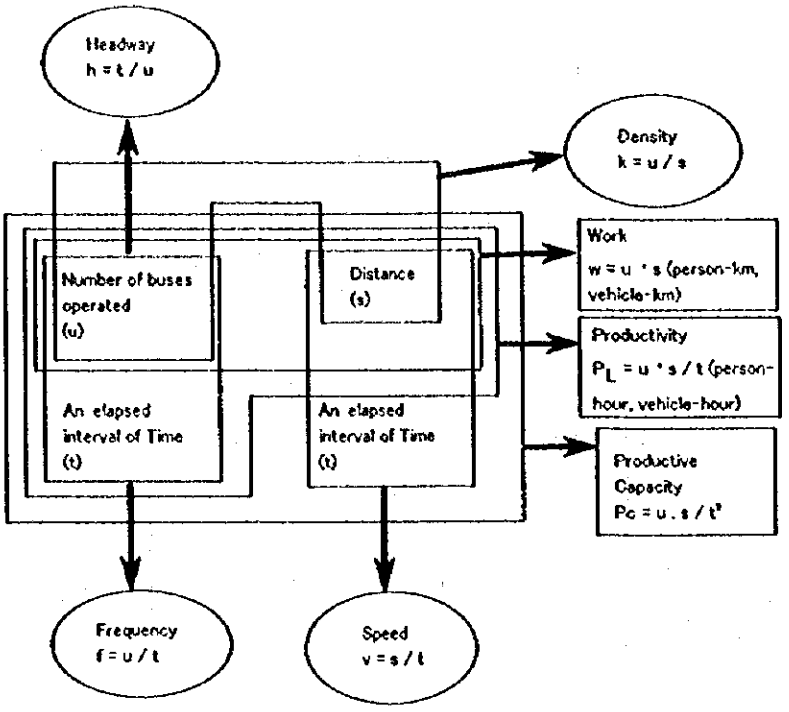

Figura 9.3-1 Medidas de Desempeño Básico de Sistema de Autobús

(3) Criterios de Sistema Troncal de solobus

De acuerdo con el reporte de Investigación 329 de TRRL, el máximo registro de las corrientes de pasajeros varió desde 7,300 pasajeros/hora/dirección (p/h/d) en Ankara, a 26,100 p/h/d en Assis Brasil, Port Alegre, durante la hora pico de la mañana cuando los descensos predominaban. El máximo registro correspondiente a flujos de pasajeros durante los períodos pico de la tarde variaron desde 6,500 /la hora en Ankara a 20,300 /la hora en San Paulo, donde los carriles para adelantar en las paradas de autobús facilitan corrientes altas.

En Bogotá, los flujos máximos de pasajeros registrados por el equipo de Estudio son aproximadamente 30,000 a 33,000 pasajeros/hora/dir en el carril segregado de la Av. Caracas con 2 carriles/dirección de solobús en el período de 7:00 a 8:00 a.m. Estas figuras son calculadas al multiplicar el número de autobuses por los pasajeros promedio sobre autobuses. El número de autobuses varía desde 550 a 600/h/d y el número promedio de pasajeros por autobús es aproximadamente de 55 a 60 con entre 10 y 20 pasajeros de pié. Los flujos de pasajeros sobre la Av. Caracas se clasifican dentro de los más altos en el mundo.

La capacidad de flujo de solobús será capaz de transportar un flujo de pasajeros de 30,000 p/h/d sobre una base constante. La capacidad programada de línea sobre vías de solobús en el Estudio será de aproximadamente 30,000 p/h/d bajo un horario operativo determinado.

La Tabla 9.3-2 resume un criterio de sistema troncal de vías de solobús a fin de planear un sistema de operación proporcionado para exigir sobre cada troncal de vías de solobús. El criterio muestra el sistema de operación de autobús tal como operaciones de autobús de troncal y expreso, frecuencia de servicio, lapso y número de carriles según la demanda de pasajeros.

Como puede verse, en el supuesto de que la demanda de pasajeros sobre las vías de solobús sea 10,000 o menos, que el número de frecuencias de servicio sea de 100 o menor, en este caso, es posible operar los autobuses de troncal sobre la vía troncal de solobús con un sólo carril por dirección. Por otra parte, en el supuesto de que la demanda de pasajeros esté sobre los 10,000, es necesario operar autobuses de troncal y autobuses expresos sobre la vía troncal de solobús provista para cada sistema de autobús. Se necesitan dos (2) carriles/vía de solobús por dirección.

Tabla 9.3-2 Criterio de Sistema de Troncal de Vías de solobús

Rango de demanda de pasajeros	Sistema de Bus	Lapso (min)	Frecuencia (/hora)	Vía (no. de Carriles)
1) 3.000 o menos	Bus troncal	2 a 5	12 a 30	1 carril/dir
2) 3.000 a 6.000	Bus troncal	1 a 2	30 a 60	1 carril/dir
3) 6.000 a 10.000	Bus troncal	0.6 a 1.0	60 a 100	1 carril/dir
4) 10.000 a 20.000	Bus troncal Bus expreso	0.6 a 1.2 0.6 a 1.2	50 a 100 50 a 100	1 carril/dir 1 carril/di
5) 20.000 o mas	Bus troncal Bus expreso	0.6 o menos 0.6 o menos	100 o más 100 o más	1 carril/dir 1 carril/di

9.4. DEMANDA DE AUTOBÚS DE TRONCAL

9.4.1. CORTE E INTEGRACION DE RUTAS TRONCALES

En 2000, las 6 rutas de autobús de troncal se proponen sobre las tres (3) vías solobús, mientras que alrededor de 40 rutas se planean sobre las 11 vías solobús en 2005. Hay varios rutas con la demanda pequeña o sobrepuesta en la misma vía de solobús. Especialmente, en 2005 hay algunas rutas tortuosas que pasan por corredores circulares y de las vías troncales solobús. Es fácil que esas rutas se sobrepongan con otras rutas.

En general, las condiciones básicas para planificar las rutas de autobús son como se indica a continuación:

1) El traslapo de varias rutas de autobús debería evitar la exclusividad de dentro de los distritos centrales de negocios.

2) Es deseable destinar máximo 2 ó 3 rutas de Autobuses sobre el mismo camino o vía de solobús.

3) Una ruta de autobús con alta demanda debería operar en los servicios de autobús troncal y expreso.

4) Una ruta larga de autobús debería evitar la dificultad de control operativo.

5) Una ruta de autobús debería operarse en ambas direcciones.

6) Una ruta de autobús que pasa a través de las instalaciones de un área comercial central. En este caso, es mejor conectar rutas cortas con el área o el terminal, que conectar con rutas más largas. La transferencia en un terminal donde el lapso entre trenes es más largo fuera de la hora pico es inconveniente para los pasajeros. La "Transferencia con tiempo" (Timed transfer) como sistema es efectiva en esta condición de traslado. Esto permite organizar una transferencia entre las rutas de autobús con el intervalo largo, es decir, el autobús llega al terminal y entonces, después de conectar autobuses operados en otras rutas, dejar el terminal en un plazo de 5 minutos. Por sistema, el tiempo de traslado (el tiempo de espera al terminal) se ahorra.

En la operación actual de autobuses, algunas rutas de autobús de troncal no son convenientes ni para pasajeros ni para operadores de autobús. Las rutas de poca demanda

no son rentables para el operador de autobús. Las rutas largas y tortuosas son también difíciles en el control de operación e inconvenientes para los pasajeros. Por lo tanto, varias rutas de autobús de troncal se cortan o integran según la discusión anterior.

9.4.2. DEMANDA DE AUTOBUSES DE TRONCAL POR RUTA

(1) Demanda de el 2000

La Figura 9.4-1 muestra los flujos de pasajero en hora pico en vías con cuatro (4) rutas de autobús troncal en el 2000 que es el mismo caso que en el Caso 4 en el 2000 pero con 6 rutas troncales. Dos (2) rutas troncales de autobuses (No. T02 y T04) se cortan a causa de la demanda pequeña y la ruta larga. Los pasajeros en la ruta No. T02 son tan pocos como unos pocos cientos. Por otra parte, la longitud de ruta de la No.T04 tiene 37 km en una sola dirección. Las rutas juntas No.T01 y T03 están disponibles como una ruta alternativa de T02 y T04. Los pasajeros que son de viaje largo en la ruta T04 desde el terminal sur de autobús suburbano hasta el área norte extrema pueden llegar a ser inconvenientes debido al traslado. Esos pasajeros, sin embargo, son mínimos en volumen (ver Figura 9.4-2).

Las Figura 9.4-3 y Figura 9.4-4 muestran pasajeros en el andén de entrada y salida sobre cuatro (4) vías troncales, respectivamente. Los pasajeros en la entrada sobre las rutas T01 y T03 suben a un máximo de 12,000 en la ruta T01 y a 20,000 en la T03 debido al corte en las rutas T02 y T04. En lo que concierne a las de salida, los pasajeros también suben aproximadamente de 2 a 2.5 veces.

En el sistema de operación, esos volumenes de pasajeros en las cuatro rutas se usan para programar la frecuencia y el lapso.

(2) Demanda en el 2005

La Figura 9.4-5 muestra el organigrama de examen para el sistema de operación de autobuses en el 2005. En la sección previa, se estima la demanda de pasajeros en las cuarenta y una (41) rutas de autobuses de troncal. A fin de examinar el real sistema de operación de autobuses, las diferentes rutas de autobús de troncal se recortan o integran de la misma manera que en 2000 y entonces se resumen a 31 rutas de autobús de troncal.

Las 41 rutas troncales de autobús son reducidas e integradas en 31 rutas de la siguiente manera.

1) Una ruta con la longitud más larga se recorta.
2) Una ruta con la demanda pequeña de pasajero se recorta.
3) Una ruta tortuosa que cruce por corredores circulares y radiales de vías troncales solobús se recorta.
4) Una ruta en donde haya otras rutas similares de autobuses de troncal en existencia, se recorta.
5) Una ruta donde es posible reemplazar a otras rutas se recorta.

Después de integrar las rutas, la demanda de pasajeros se estima nuevamente para el examen del sistema de operación. La condición de asignación es el mismo caso que en el Caso - 5 pero con 41 rutas de autobús de troncal. Se encuentra que la demanda de pasajeros en la Av. Suba y en la Calle 80 excede la capacidad de línea sobre la vía de solobús. El flujo de pasajeros de autobús en la Av. Suba es de aproximadamente 15,000 a 21,000 /h/d en el embarque. La Calle 80 también es muy congestionada en el volumen de pasajeros. La figura es de aproximadamente 40,000 - 54,000 /h/d en el embarque. Es difícil ensanchar el derecho de vía para las vías de solobús sobre la Av. Suba porque hay muchos edificios a lo largo de esta vía y la adquisición inmobiliaria es difícil. Por lo tanto, una nueva vía de

solobús desde la Av. Suba a la Av. Caracas a través de la Av. 127 y la Autopista Norte se propone alterando la vía de solobús sobre la Av. Suba en el 2005.

La Figura 9.4-6 muestra los flujos de pasajeros de autobús de hora pico que fluyen sobre treinta y dos (32) rutas troncales de autobús en el 2005, donde se agrega la nueva vía de solobús de Suba a la base de 31 rutas. Los flujos de pasajeros sobre la Av. Suba son aproximadamente 10,000 - 11,000 /h/d en el embarque y también aproximadamente 10,000 - 12,000/h/d sobre la Av. 127. Esas demandas están dentro de una vía de solobús con capacidad de 1 carril privativo de autobús.

En lo que concierne a la Calle 80, los autobuses troncales sobre él sistema propuesto no pueden transportar la demanda de pasajeros de autobús. Debido a que estos exceden el límite de capacidad de la línea de autobuses, es imprescindible completar la Etapa 2 en SITM, el proyecto de ferrovías hasta el 2005, que se planifica sobre la Calle 68 corriendo paralelo a la Calle 80, a fin de complementar un sistema con el otro.

La Figura 9.4-18 muestra el flujo de pasajeros de autobús en la hora pico sobre treinta y dos (32) rutas de autobús de troncal en el 2005 que adicionan la Etapa 2 en el proyecto SITM de ferrocarril. Como puede verse, cuando la Etapa 2 se complete, los pasajeros de la Calle 80 cambian al ferrocarril. Los pasajeros de la Calle 80 disminuyen a 20,000 a 30,000 /h/d en el embarque. Por otra parte, los pasajeros de ferrocarril se estiman aproximadamente en 30,000 /h/d en el embarque. En esta condición, las demanda de pasajeros sobre la Calle 80 no excede la capacidad de línea.

Las Figura 9.4-7 y Figura 9.4-17 muestran los pasajeros a bordo en ambas direcciones de embarque y desembarque en las rutas troncales de autobús, respectivamente en el mismo caso de las treinta y dos (32) rutas sin la Etapa 2 del proyecto SITM de ferrocarril. En esas figuras, la demanda de pasajeros en cada ruta de autobús troncal se dibuja con una línea de ancho proporcional al número de pasajeros a bordo. En esas figuras, el asterisco representa un terminal inicial de autobús. En el sistema de operación, esos volumenes de pasajeros en las treinta y dos (32) rutas se usan para programar la frecuencia y el lapso.

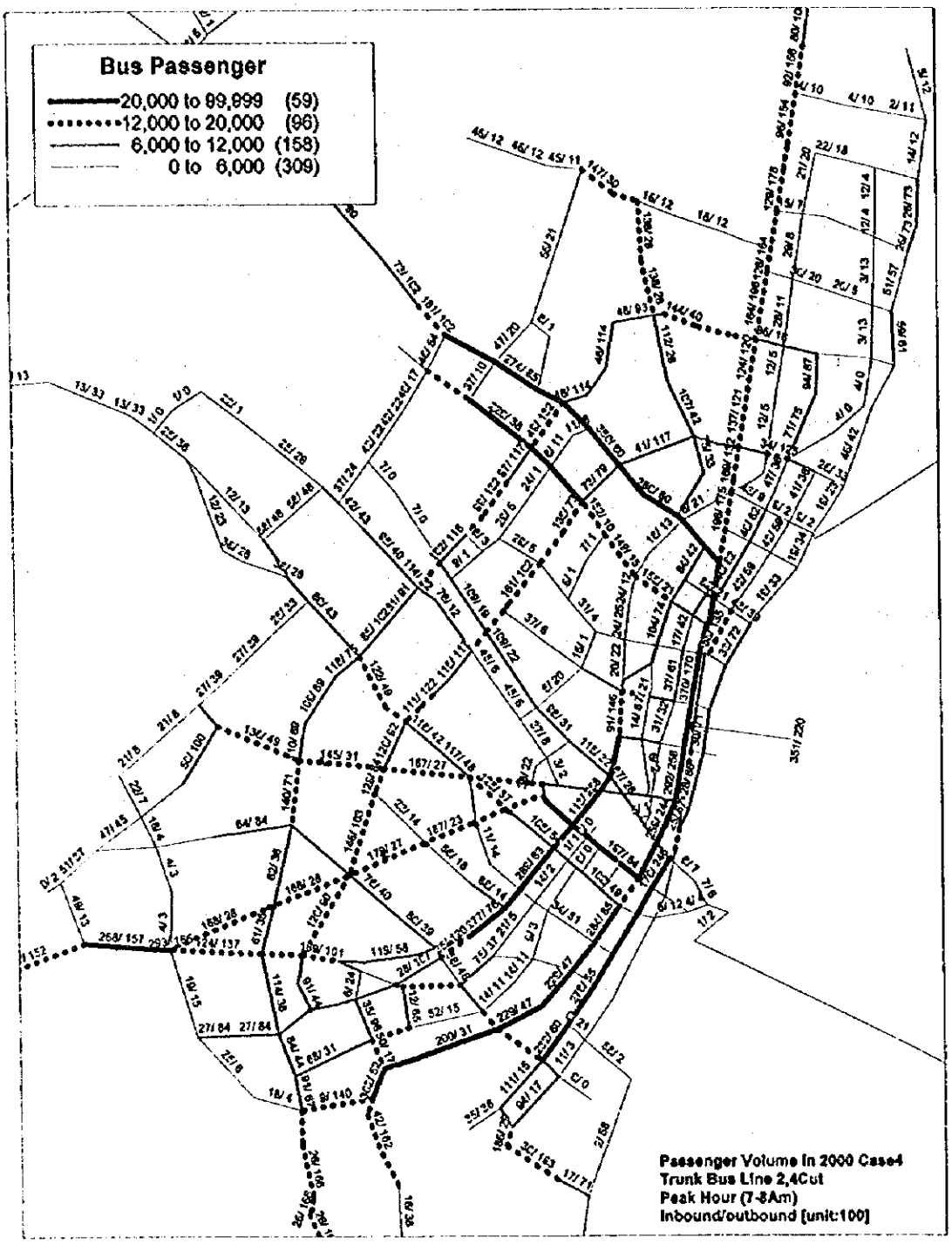

Figura 9.4-1 Flujo de Pasajeros de Autobús en hora pico en el 2000 en Cuatro (4) rutas de autobús de Troncal

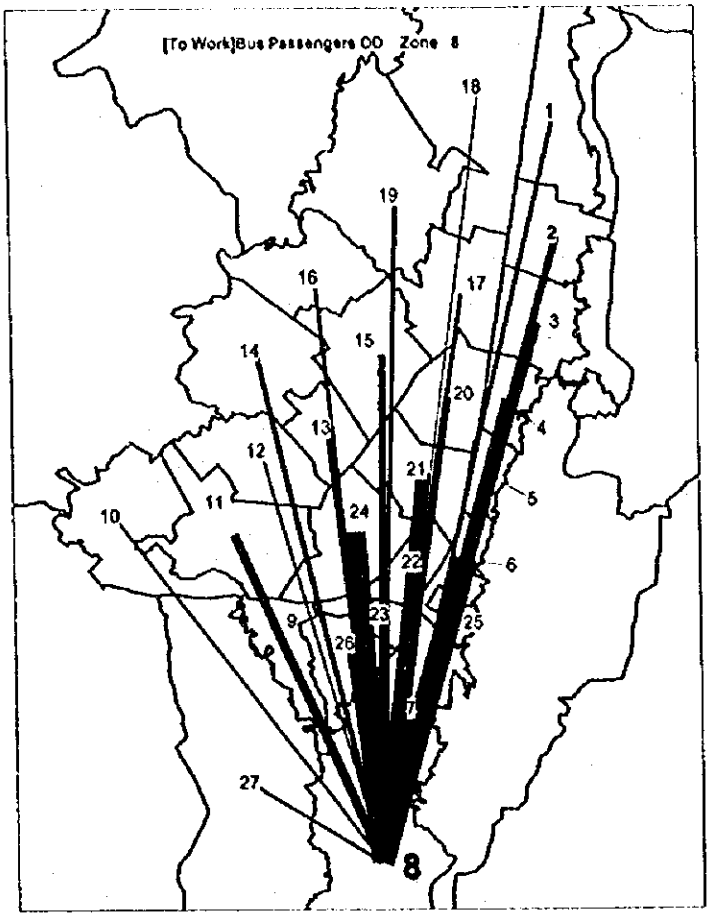

Figura 9.4-2 Líneas Deseadas por usuarios de Autobús en el Area sur (Zona 8)

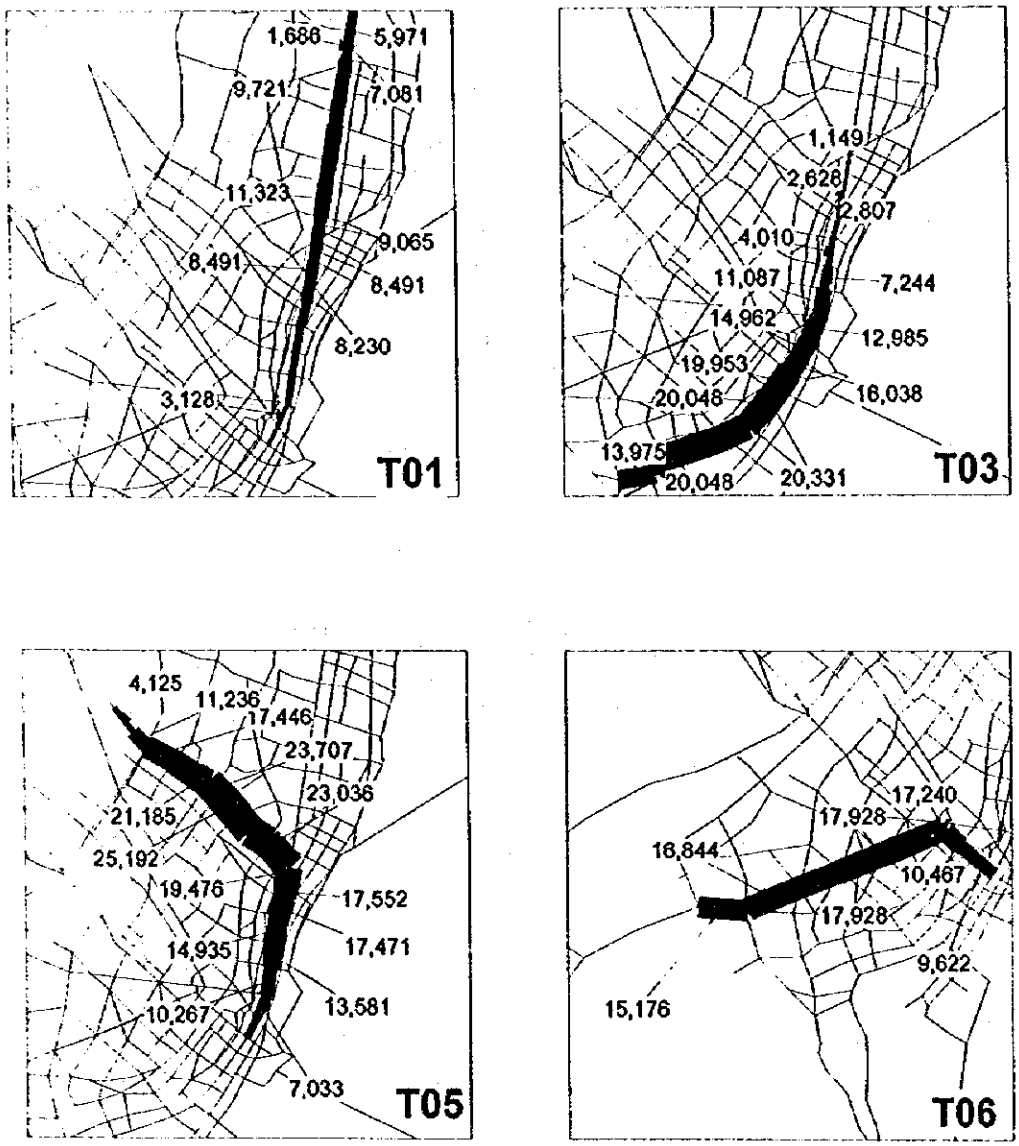

Figura 9.4-3 Pasajeros abordo de Autobús Troncal por Ruta (embarque) en 2000

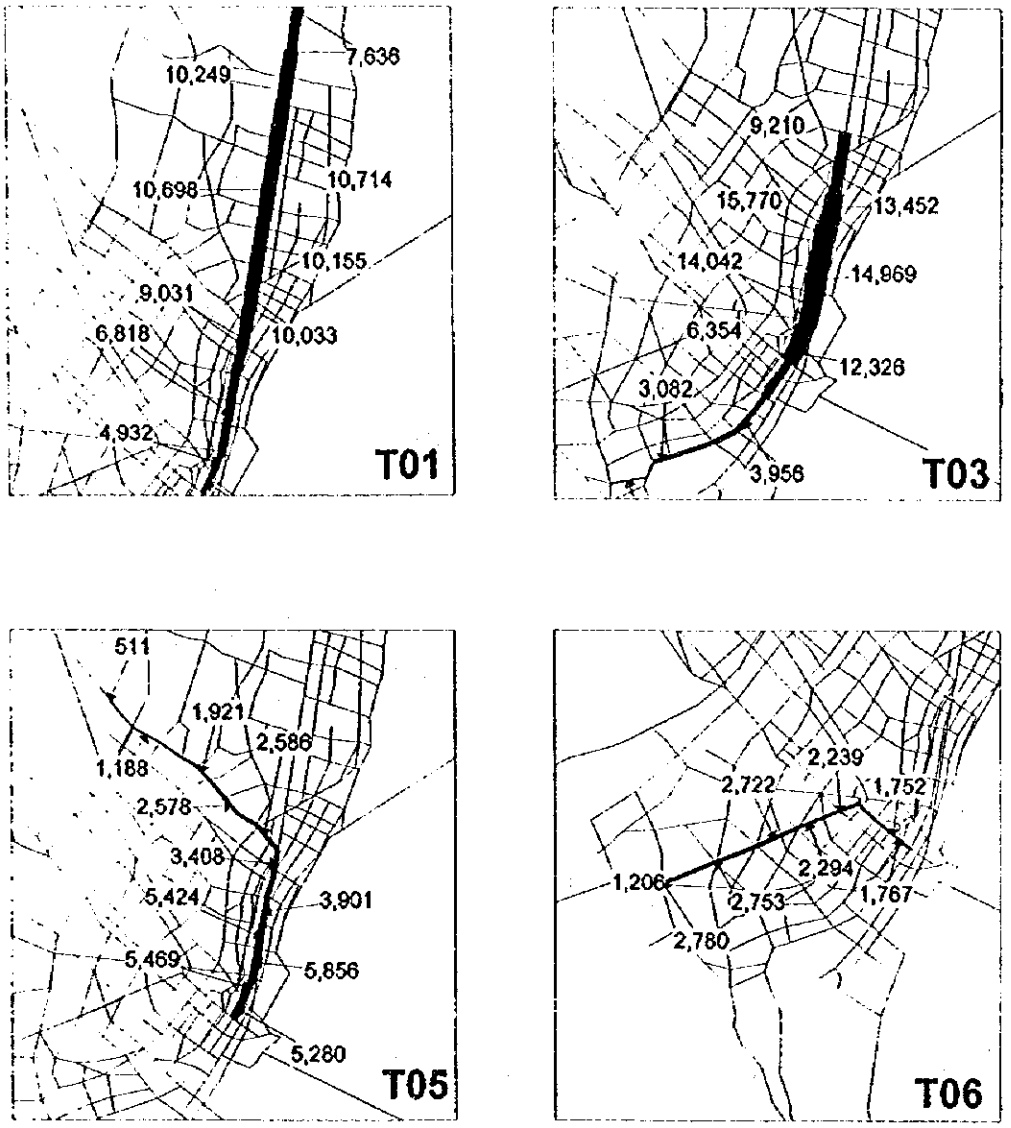

Figura 9.4-4 Pasajeros abordo de Autobús Troncal por Ruta (desembarque) en 2000

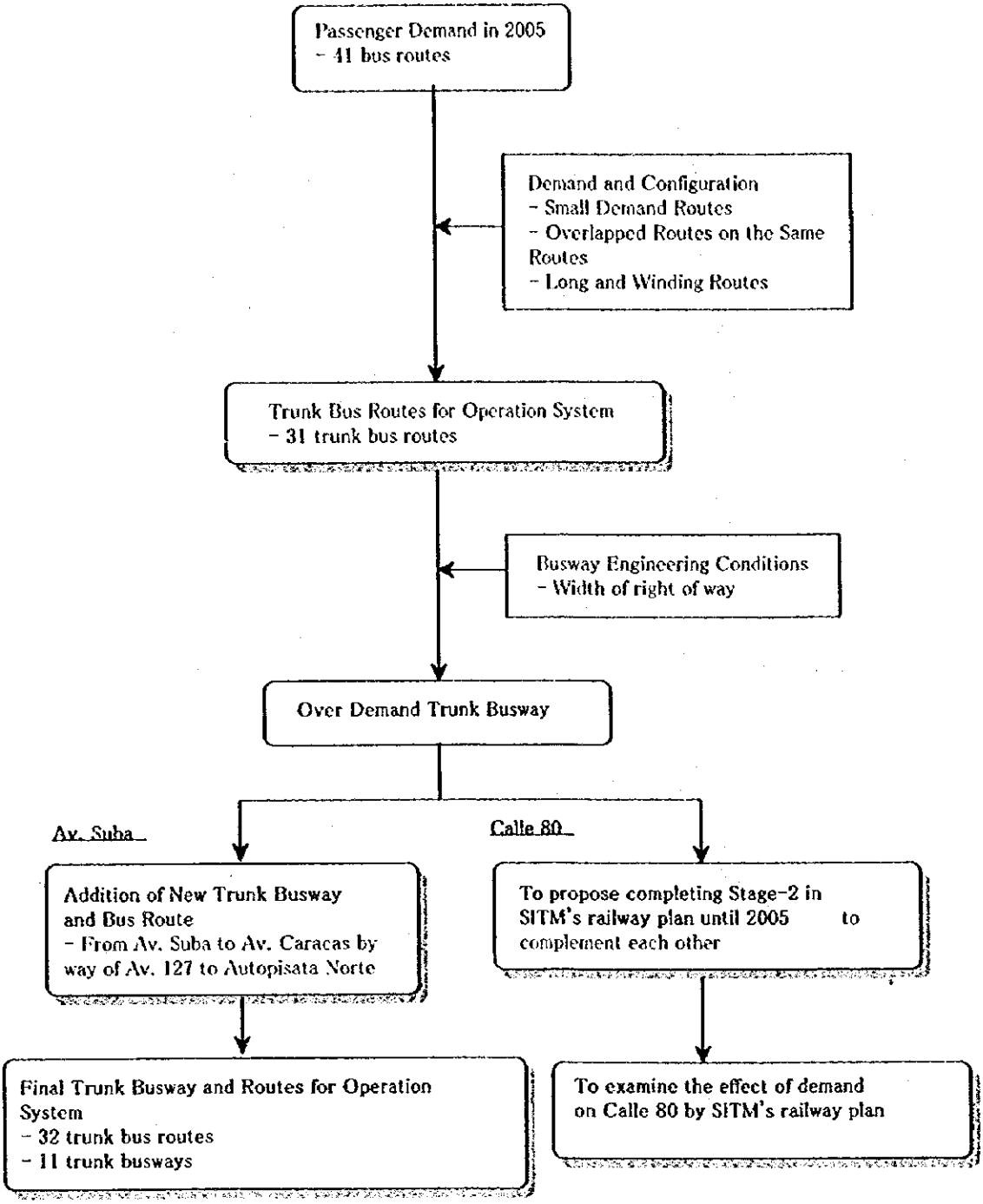

Figura 9.4-5 Organigrama de Examen para el Sistema de Operación en 2005

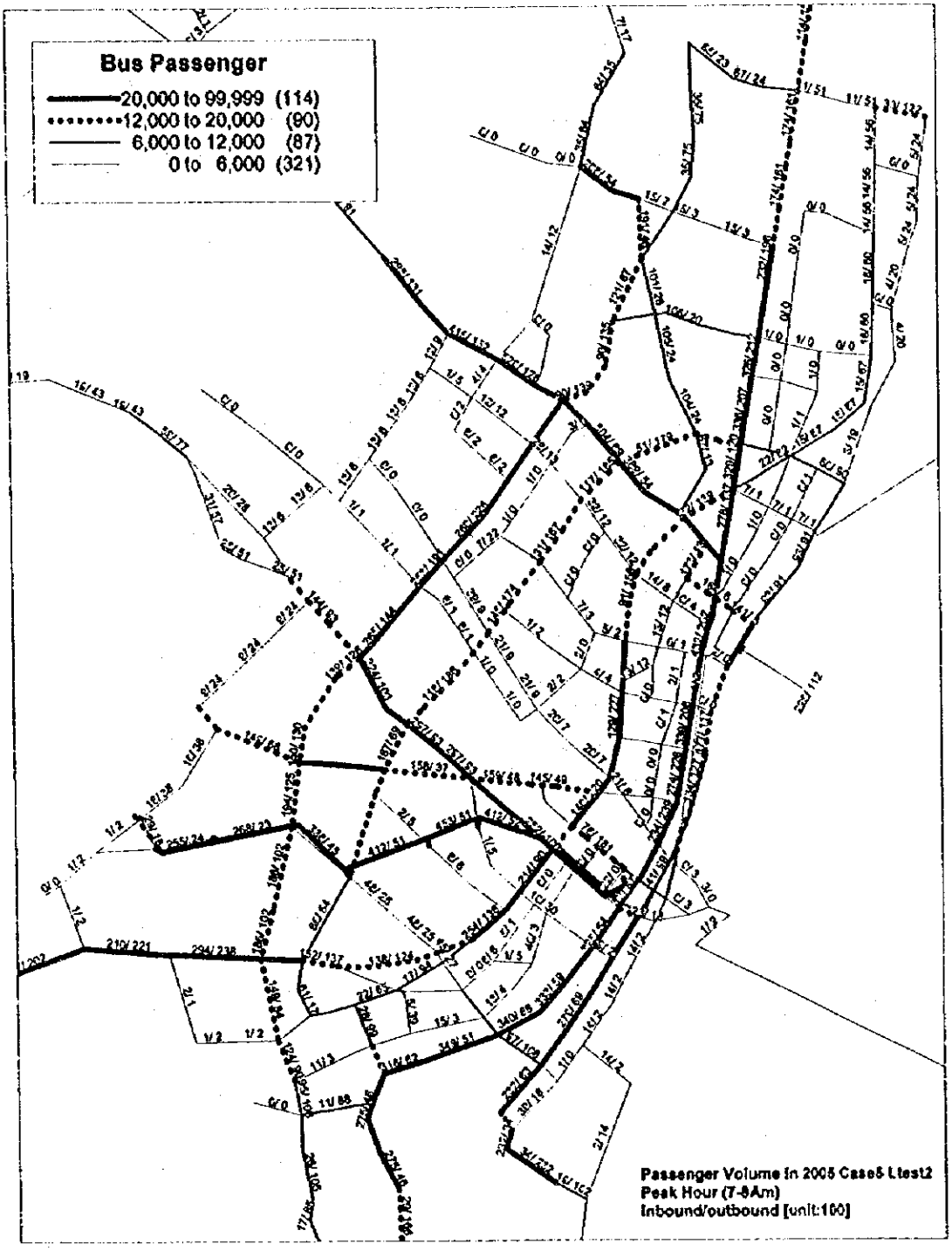

Figura 9.4-6 Flujos de Pasajeros de Autobús en hora Pico en 2005 en Treinta y dos (32) Rutas de Autobús Troncal

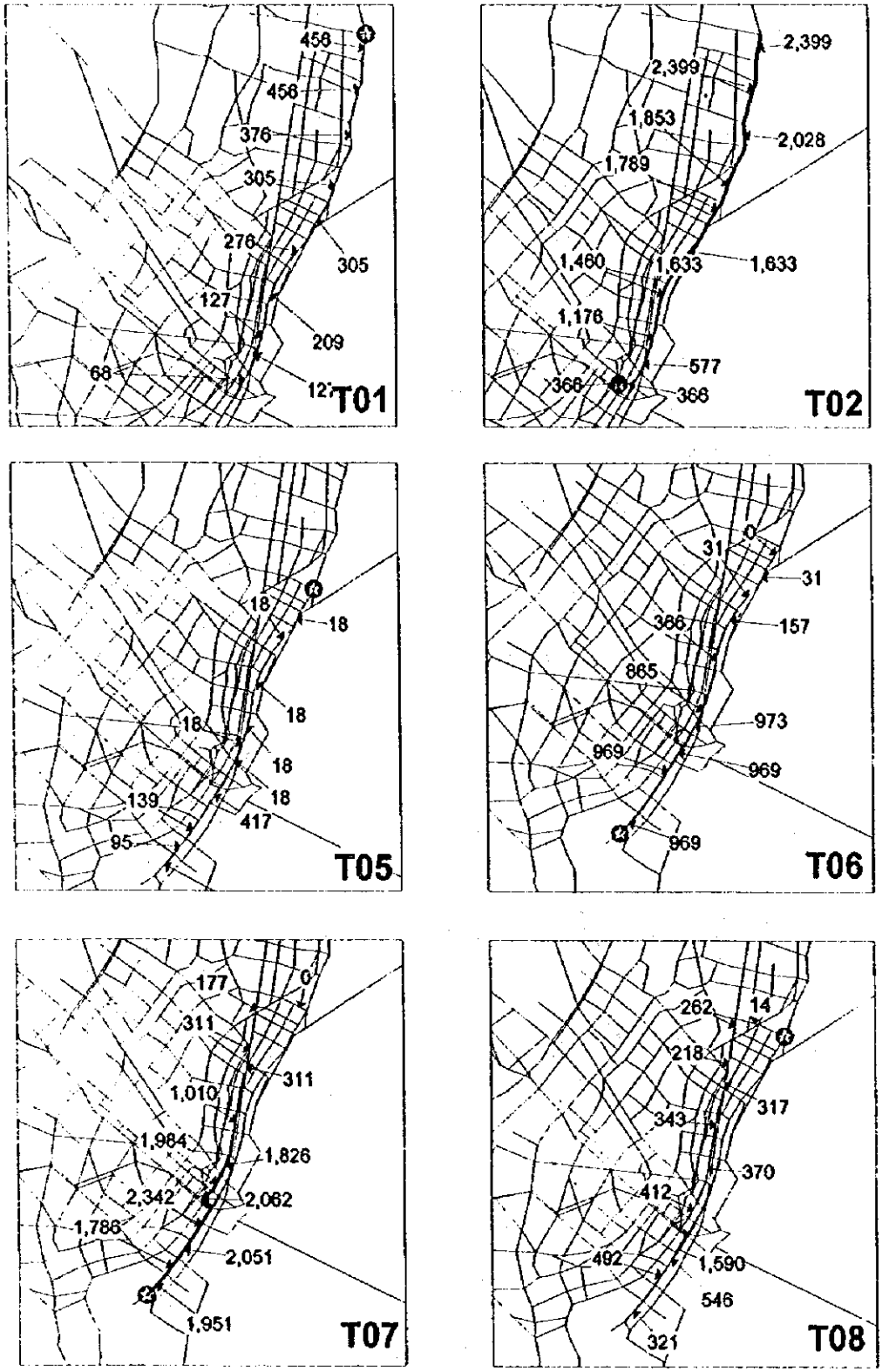

Figura 9.4-7 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (1) en 2005

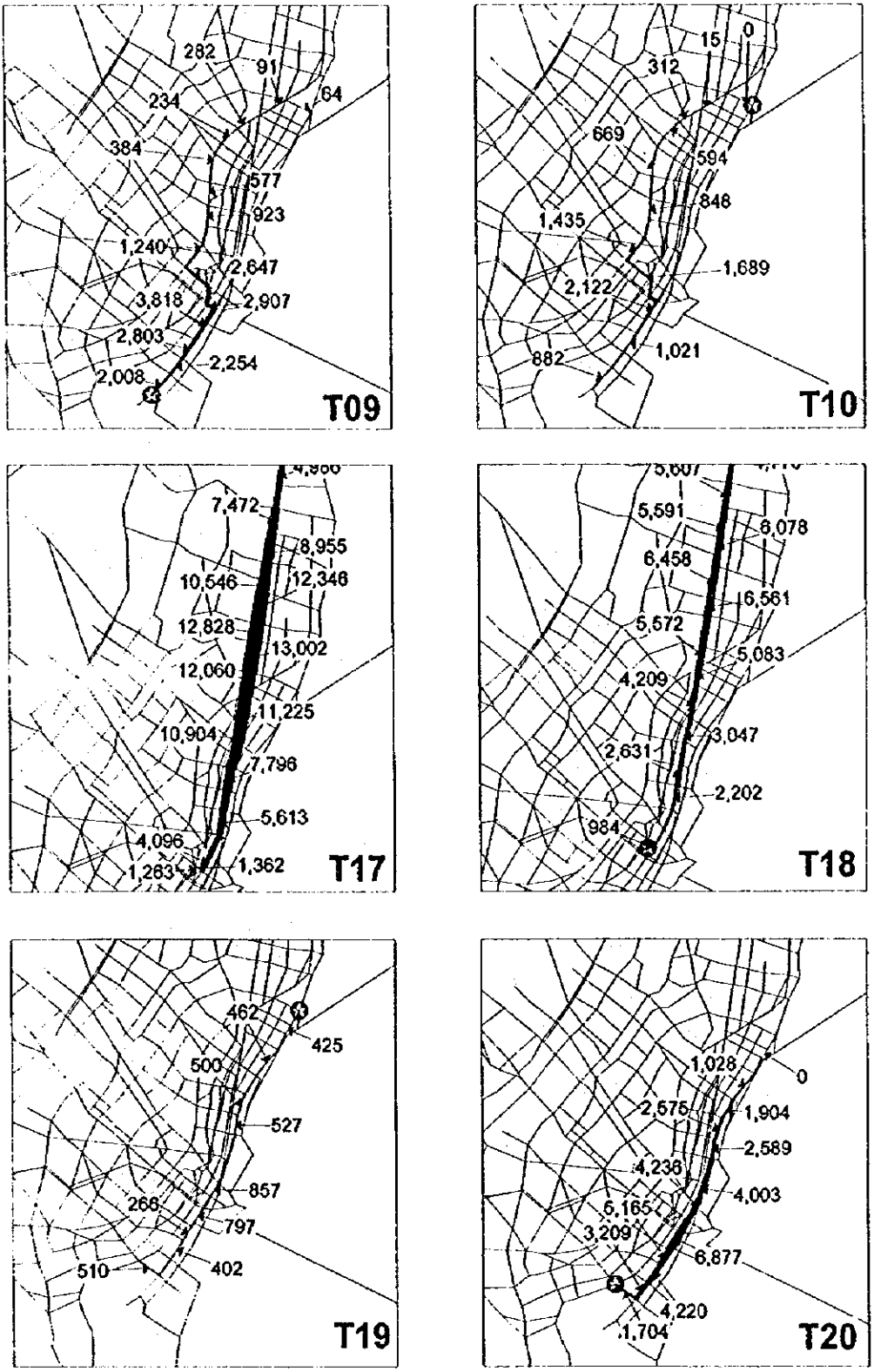

Figura 9.4-8 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (2) en 2005

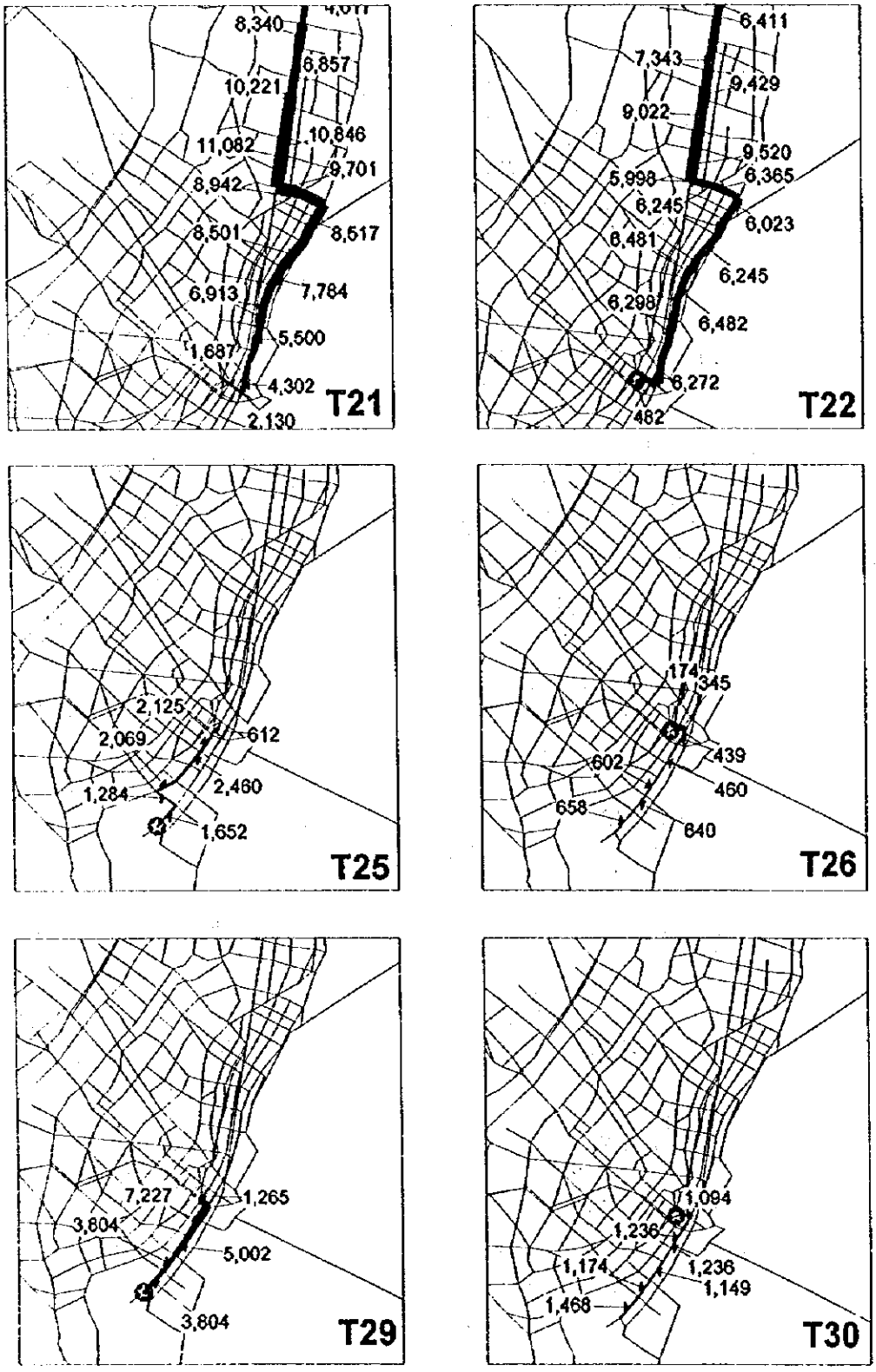

Figura 9.4-9 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (3) en 2005

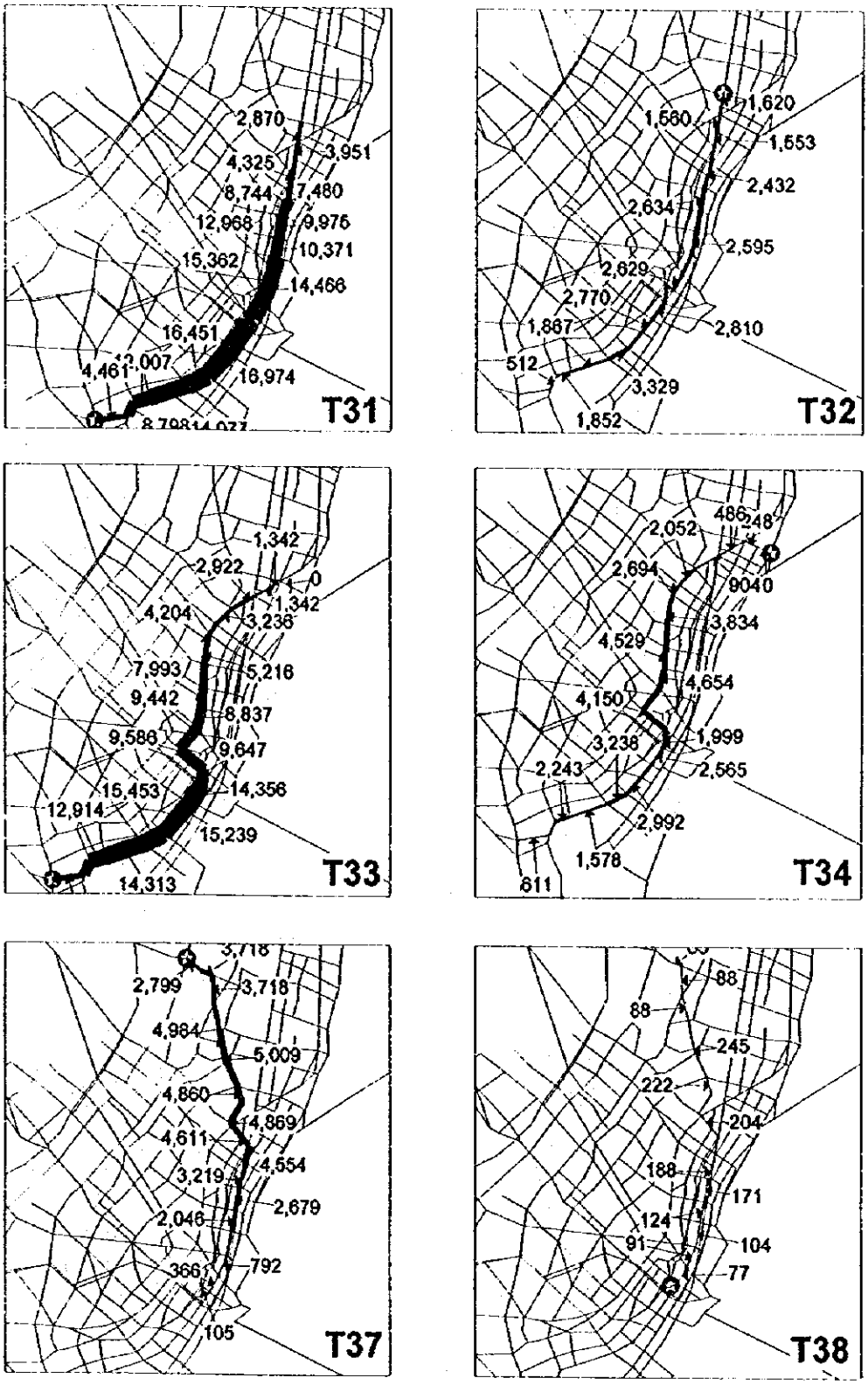

Figura 9.4-10 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (4) en 2005

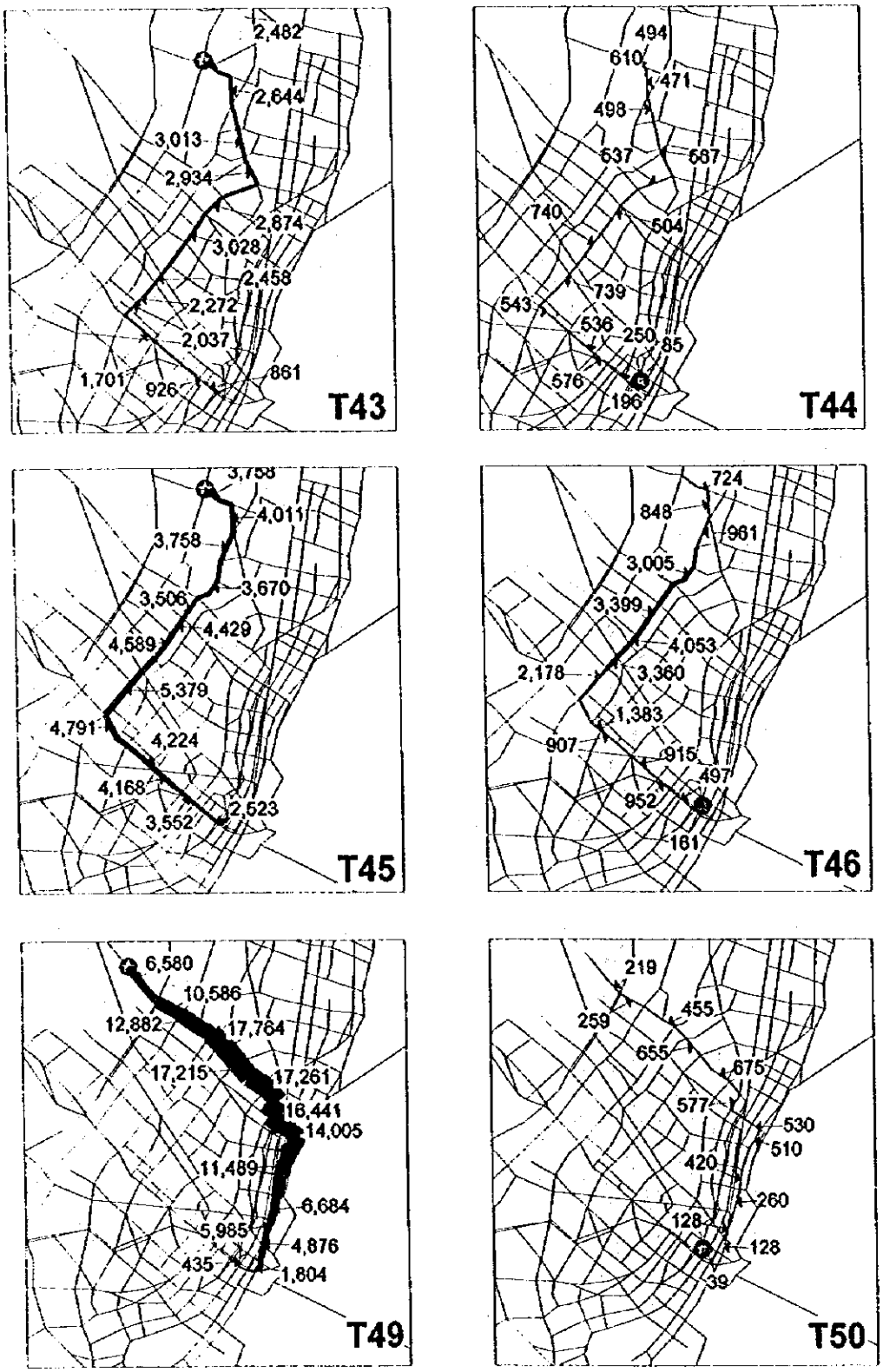

Figura 9.4-11 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (5) en 2005

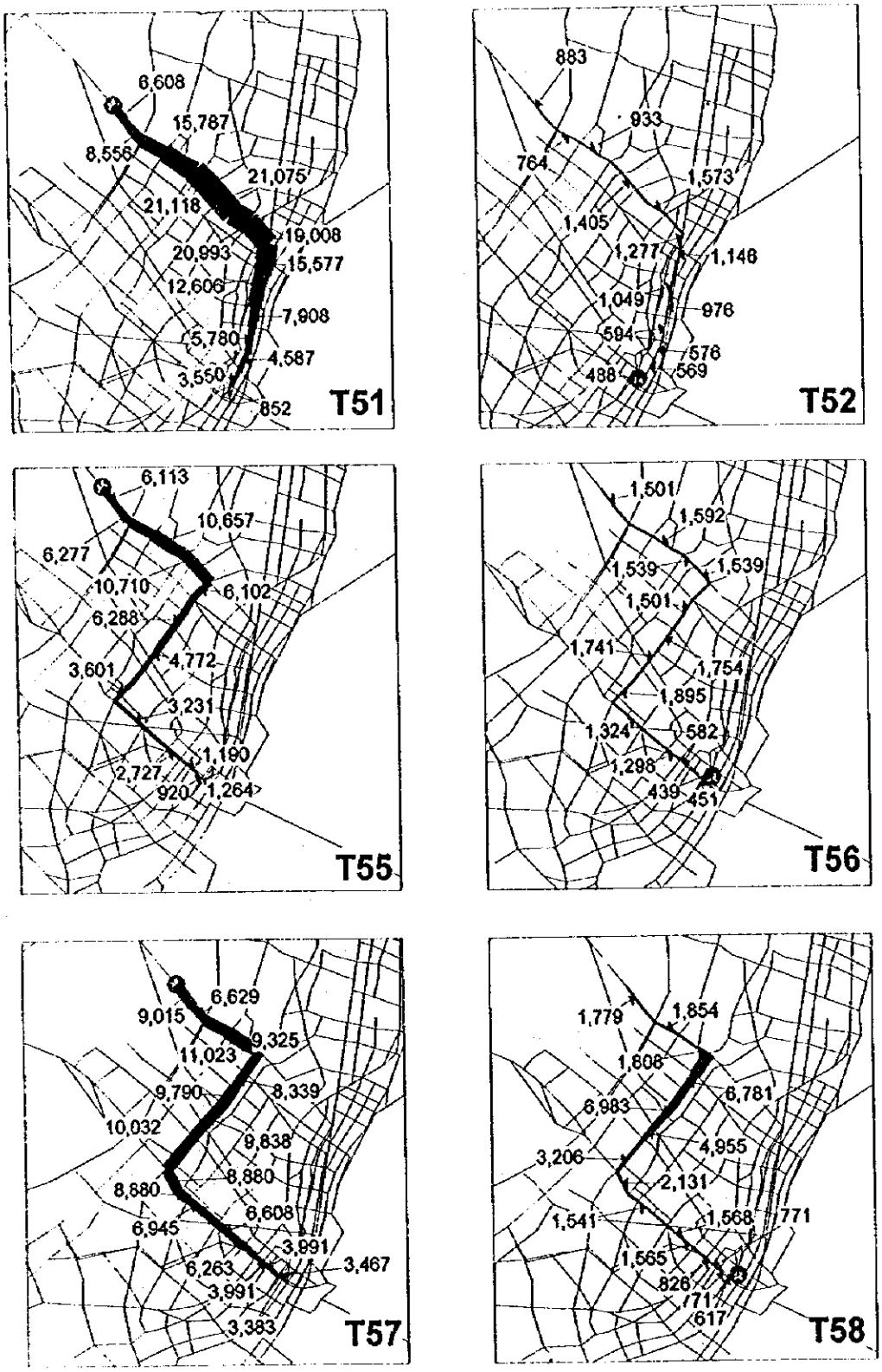

Figura 9.4-12 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (6) en 2005

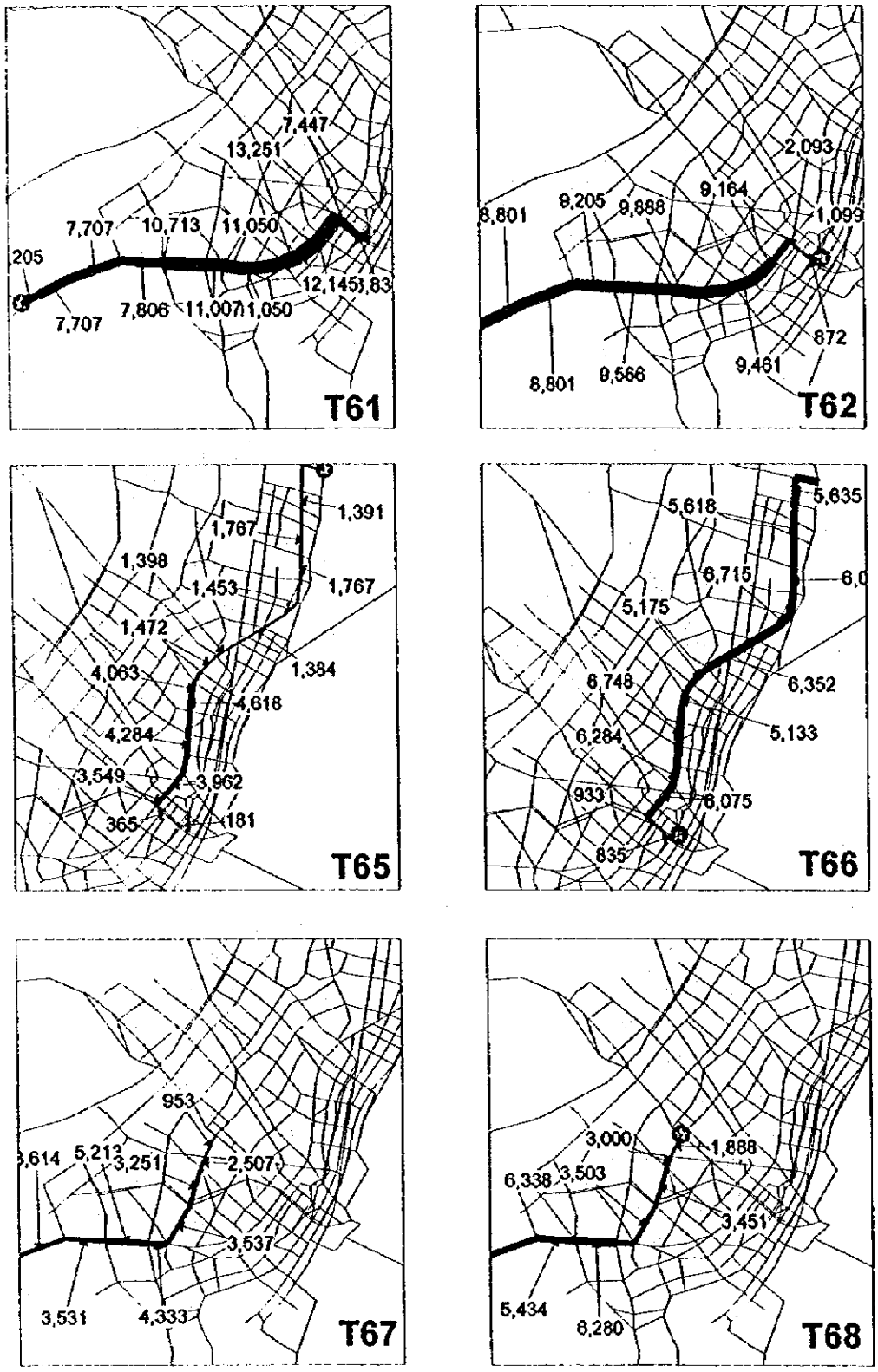

Figura 9.4-13 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (7) en 2005

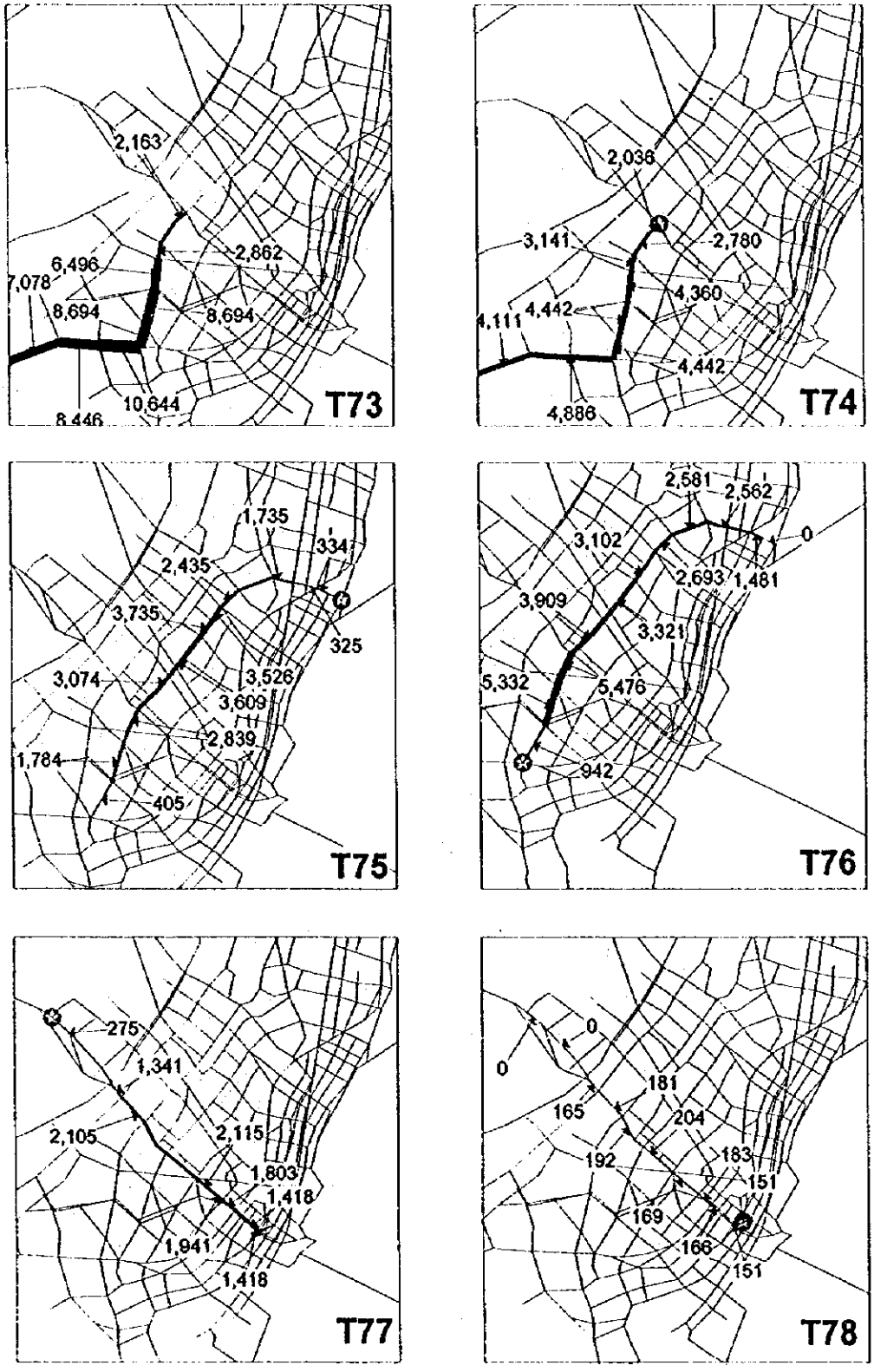

Figura 9.4-14 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (8) en 2005

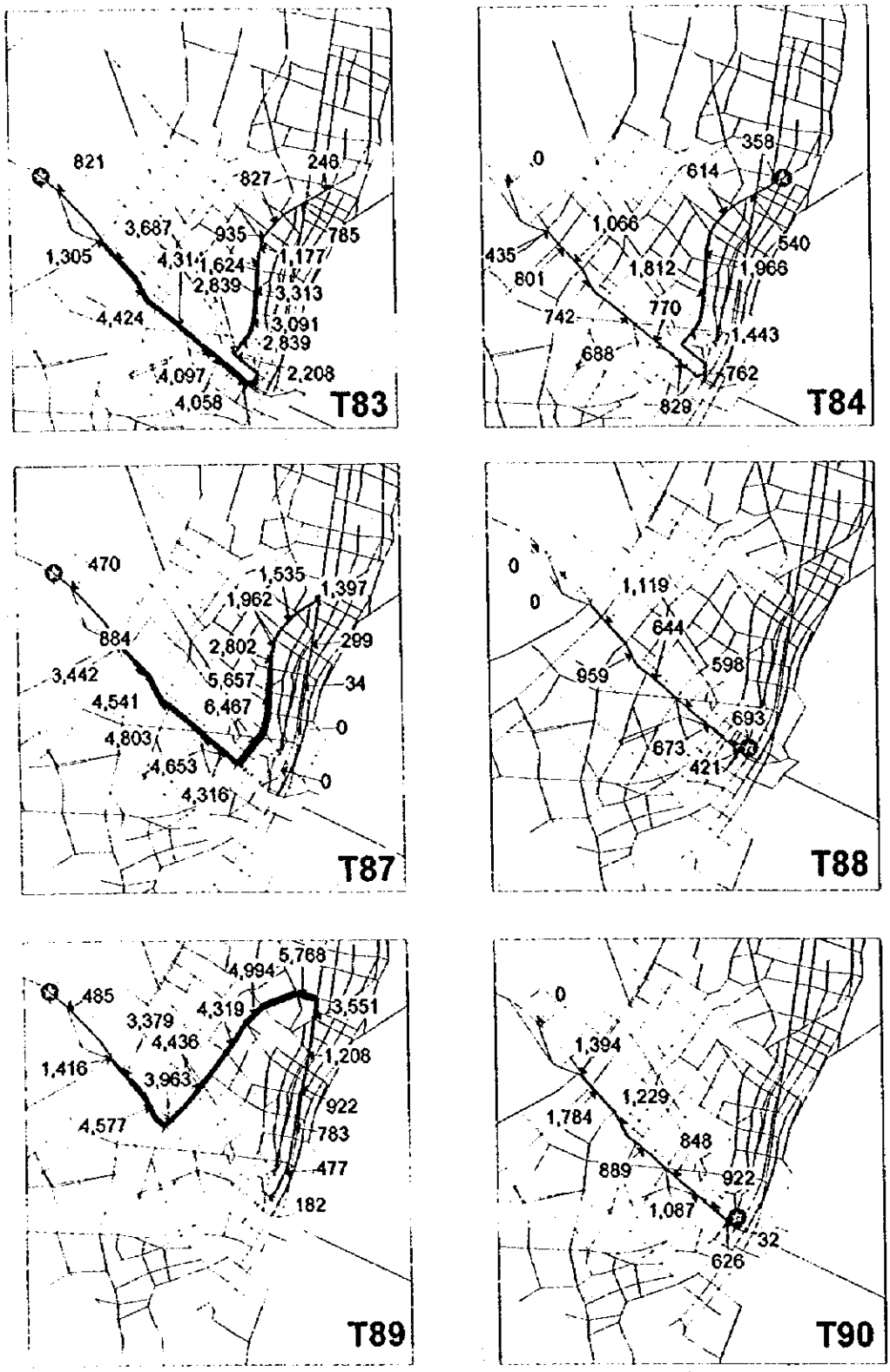

Figura 9.4-15 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (9) en 2005

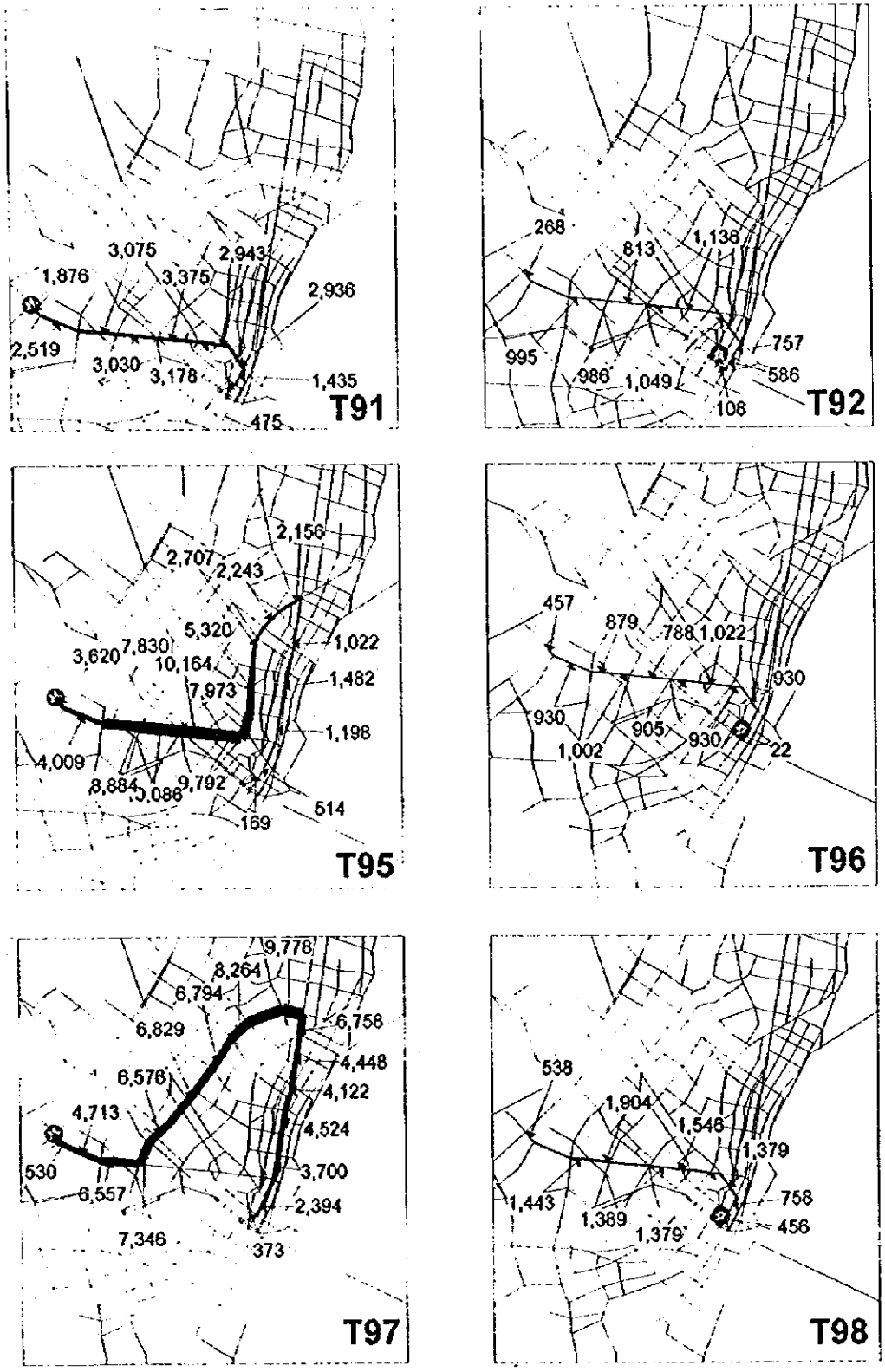

Figura 9.4-16 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (10) en 2005

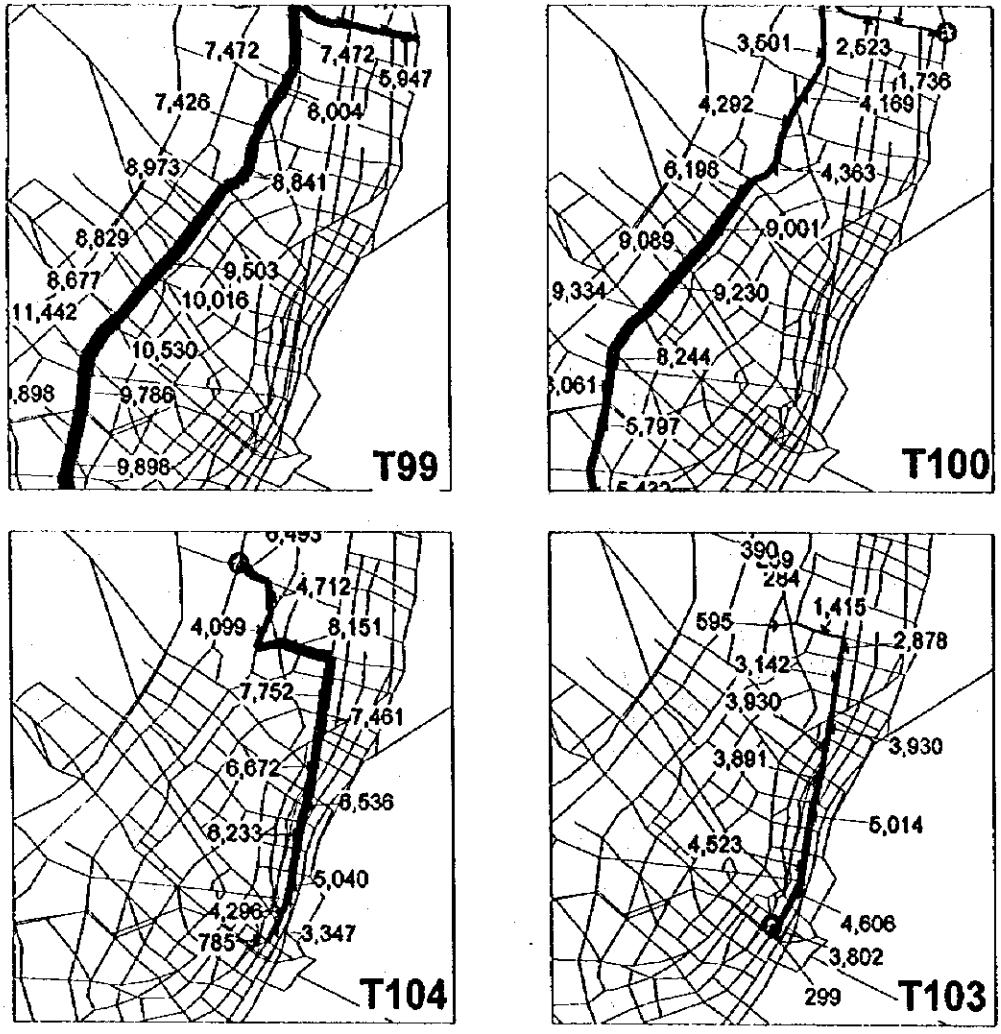

Figura 9.4-17 Pasajeros de Autobús Troncal abordo por la Ruta Típica (11) en 2005

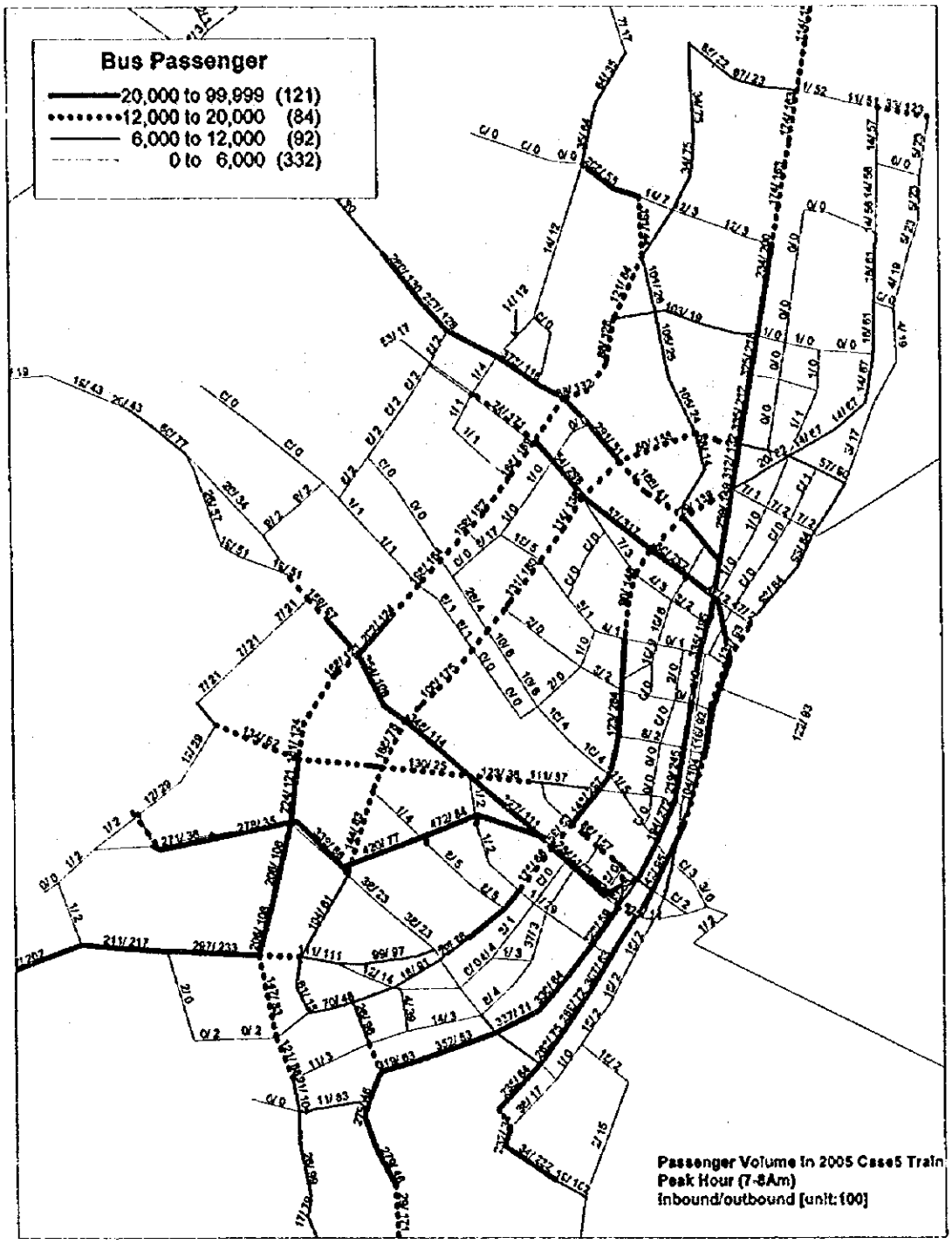

Figura 9.4-18 Flujo de pasajeros de Autobús en hora Pico en el 2005 sobre Treinta y dos (32) rutas de Autobús Troncal con la Etapa 2 en el Proyecto SITM de Ferrocarril

9.5. SISTEMA PROPUESTO DE OPERACION DE AUTOBUS

9.5.1. HORA OBJETIVO

Un período de objetivo en el sistema de operación de autobús es en el período de la mañana entre 7:00 y 8:00 a.m. El sistema de operación de autobús tal como frecuencia programada, el lapso y destinación de las flotas de autobús en la hora pico de la mañana es propuesto para los autobuses troncales y de servicio expreso porque la demanda de pasajeros es muy alta y concentrada en la hora pico de la mañana.

9.5.2. LOS AUTOBUSES TRONCAL Y EXPRESO

Dos tipos de servicio de autobuses se prestan en el sistema : el autobús troncal y el autobús de servicio expreso. El propósito del autobús de servicio expreso es proveer servicio de tránsito rápido y masivo asociado con el modo alternativo de tránsito de ferrocarril. Por lo tanto, los autobuses expresos corren por las totalmente segregadas vías solobús en las vías elevadas y /o vías con intersecciones a niveles separados. Los pasajeros de autobús conmutados al centro urbano usan los autobuses expresos en la hora pico. A fin de proveer un servicio de alta calidad (comodidad y velocidad comercial), los autobuses se detienen en paradas limitadas (espaciado de paradas de autobús de 1.0 a 1.5 km).

El autobús troncal se sirve con volumen grande sobre la base de una operación de autobús algo demorada con un espacio de paradas de 600 a 800 mts en promedio, comparando con el autobús expreso.

En lo que concierne a las rutas de autobús para proveer el servicio expreso, compartiendo con la frecuencia del autobús expreso a la frecuencia total se emplea el 50% según la encuesta de opinión de usuarios de autobús. La Figura 9.5-1 muestra los criterios divergentes expresados entre el autobús expreso respecto al autobús ordinario según la diferencia de tiempo de viajes entre el expreso y otros autobuses con el parámetro de diferencia entre las tarifas de ambos. Como puede verse, aproximadamente el 50% de los entrevistados eligió los autobuses expresos, aunque en el efecto de tiempo la diferencia no se aclara.

La Tabla 9.5-1 resume las funciones y contenidos de los servicios de autobús troncal y expreso que se incluyen para el resumen del sistema de operación y las propuestas estructuras de vías de solobús.

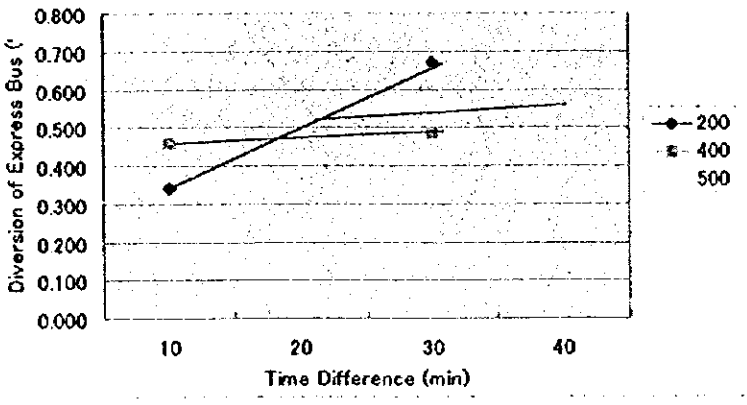

Figura 9.5-1 Relación de Desviación de Autobús Expreso según la Encuesta de Opinión

Tabla 9.5-1 Funcion y Estructura de Autobuses de Troncal y Expreso

Artículos		Autobús Expreso	Autobús de Troncal
Función		Rápido, y gran volumen	Gran volumen
Velocidad Comercial (km/h)		30	20
Capacidad del Autobús (personas)		200	100
Vías de solobús	Sección	Vías de solobús totalmente segregadas o estructura elevada para vías de solobús	Carril exclusivo de Autobús
	Intersección	Estructura de nivel separado	Estructura a nivel
	Espacio de parada de autobús	10. - 1.5km	600 - 800 mts
Comparte demanda de Pasajero sobre la misma Ruta		50%	50%

9.5.3. La Capacidad e Interior de Autobús

(1) Capacidad e interior del Autobús

La consideración importante es el número y arreglo de asientos, que es con base en el balance comparativo entre el número de asientos y espacio de circulación del pasajero. Para rutas de autobús que raramente tienen pasajeros de pié, debe proveerse el máximo número de asientos. Con anchuras estándar entre 2.44 y 2.59 mts y anchuras de asiento de 43 a 49 cmts, sólo restan 50 cmts para el ancho de pasillo. Este es un ancho que no es suficiente para la circulación fácil cuando hay pasajeros de pié, especialmente mientras el autobús se mueve.

En los Autobuses y Busetas operados en Bogotá, dos asientos dobles se usan para la operación. En la hora pico, se llevan aproximadamente 60 pasajeros, y entre 10 y 15 pasajeros de pié en la Av. Caracas. En este momento, el ancho del pasillo no es suficiente para la circulación fácil.

Debido a la demanda de pasajeros en las rutas de autobús de troncal es muy alta en la hora pico según el análisis de demanda, dos asientos dobles no deberían ser usados para rutas de autobús troncal que lleven pasajeros de pié. Una configuración dos más uno sentandos entre las dos puertas es un esquema mejor para tal servicio. Para volumenes de pasajeros muy altos asientos únicos (1+1) son preferibles en los autobuses enteros, donde ofrecen la capacidad total más alta.

Mientras el número de asientos se conoce con precisión, la capacidad de pasajeros de pié es una función de las áreas asumidas por pasajero de pié. Para esta área los valores de 0.10 a 0.15 m2/espacio se usan para el diseño estructural de los autobuses. Un valor realista para la carga de apretón está sobre 0.10 m2/espacio. Para una comodidad aceptable el área por pasajero de pié de 0.25 a 0.35 m2/espacio (3-4 pasajeros/ m2) debería usarse.

En general, la capacidad de autobús se define como se indica a continuación:

1) "Capacidad sentados": el número de asientos disponibles para pasajeros en un autobús

2) "Capacidad Normal": la capacidad de pasajeros de un autobús según las normas de comodidad consideradas "normales" en cada ciudad; esto típicamente significa la capacidad de sentados más la de piés a una densidad de 6-9 pasajeros/m2, dependiendo de la ciudad.

3) "Capacidad de apretón": el número total de pasajeros que puede físicamente ser acomodado en un autobús; esto varía ligeramente de ciudad a ciudad, dependiendo de las características del pasajero, convenciones sociales etc.; la capacidad de apretón típicamente incluye pasajeros de pié de a 10 pasajeros/m2.

La Tabla 9.5-2 muestra la capacidad de autobuses en Curitiba, Brasil y Nagoya, Japón donde se introducen sistemas de autobús troncal. En Curitiba, se usa un autobús de cuerpo sencillo con una capacidad de 110 pasajeros, y para autobuses de troncal y articulados se usan con una capacidad de 160 para el de dos cuerpos y 270 para el de tres cuerpos para los autobuses expresos. En el Sistema de Autobuses de Ruta Clave de Nagoya, un autobús de cuerpo sencillo se opera sobre la vía troncal de solobús. La capacidad total es 73 pasajeros con 27 asientos. En Curitiba, los valores de 8-10 pasajeros/ m2 se usan para la capacidad de los que permanecen de pié, mientras que 6-7 pasajeros/ m2 se usan en Nagoya. Esas figuras están cerca de la "capacidad Normal".

Asientos transversales son más cómodos que longitudinales porque la gente es más sensible a las fuerzas laterales que para transmitir fuerzas hacia atrás. Además, transversalmente los asientos también dan más privacidad, por lo que ellos se usan siempre que sea posible. Para la comodidad y la seguridad de los pasajeros de pié, los autobuses deberían tener tantos postes, pasamanos y barras de tenencia para que una persona pueda coger uno desde cualquier ubicación en que permanezca.

De la Figura 9.5-2 hasta la Figura 9.5-4 se muestran el esquema de asiento de los autobuses de troncal usados en Curitiba y Nagoya. El asiento transversal se usa para esos autobuses en ambas ciudades.

(2) Capacidad Propuesta de autobuses en el sistema troncal de autobús

En Bogotá, el transporte de autobús es el modo principal para el transporte público y la demanda pública de transporte es alta, especialmente en las horas pico. Cuando el sistema de autobús de troncal se introduce en Bogotá, los autobuses más grandes sobre las vías troncales de solobús ofrecerán tanto una operación a menor costo y un servicio de más alta confiabilidad.

Los méritos generales de autobuses grandes son como se indica a continuación

1) Los costos de operación por unidad de capacidad ofrecida disminuyen en la medida en que aumenta el tamaño de la flota de autobuses.

2) La capacidad por línea aumenta aproximadamente de modo lineal con el tamaño del autobús. Con autobuses más grandes, la congestión vial disminuye y la confiabilidad del servicio aumenta.

3) La maniobrabilidad del Vehículo disminuye con el tamaño de autobús.

4) La comodidad del viaje aumenta con el tamaño de autobús de cuerpo-sencillo, pero se rebaja con autobuses articulados y de dos pisos.

La Tabla 9.5-3 muestra la capacidad del autobús propuesto en el sistema de autobús de troncal. Un autobús de cuerpo sencillo con una capacidad de 100 pasajeros se usa para el autobús de troncal y el autobús articulado con dos cuerpos cuya capacidad es de 200 pasajeros se usa para autobuses expresos. Una densidad de pasajeros de pié se refiere a la capacidad en Curitiba. Esas capacidades de pasajero de troncal y los autobuses expresos son casi 2 a 4 veces, comparando con las capacidades actuales de autobús.

El factor de carga de pasajeros desde el punto de vista del número de personas por autobús, excederá 1.00 en la hora pico.

Tabla 9.5-2 Capacidad de Autobuses en Curitiba, Brasil y Nagoya, Japón

Tipo de Bus	Capacidad de pasajeros			Tamaño de cuerpo			Asientos
	Asientos	De Piés*	Total	Long. (m)	Ancho(m)	Alto (m)	
1) Curitiba, Brasil							
-Expreso sencillo	30	80	110	12.46	2.54	2.97	Transversal
-Expreso Articulado	48	112	160				
-Exprso Biarticulado	57	213	270	24.52	2.50	3.42	
2) Nagoya, Japón Bus Key	27	46	73	10.64	2.49	3.07	Transversal Ancho de sillas 2+1

Tabla 9.5-3 Capacidad Propuesta de Autobús para Autobuses de Troncal

Tipo de Autobús	Asientos	De piés	Total
Autobús de Troncal	30	70	100
El Autobús Expreso *)	60	140	200

Nota: *) Autobús Articulado

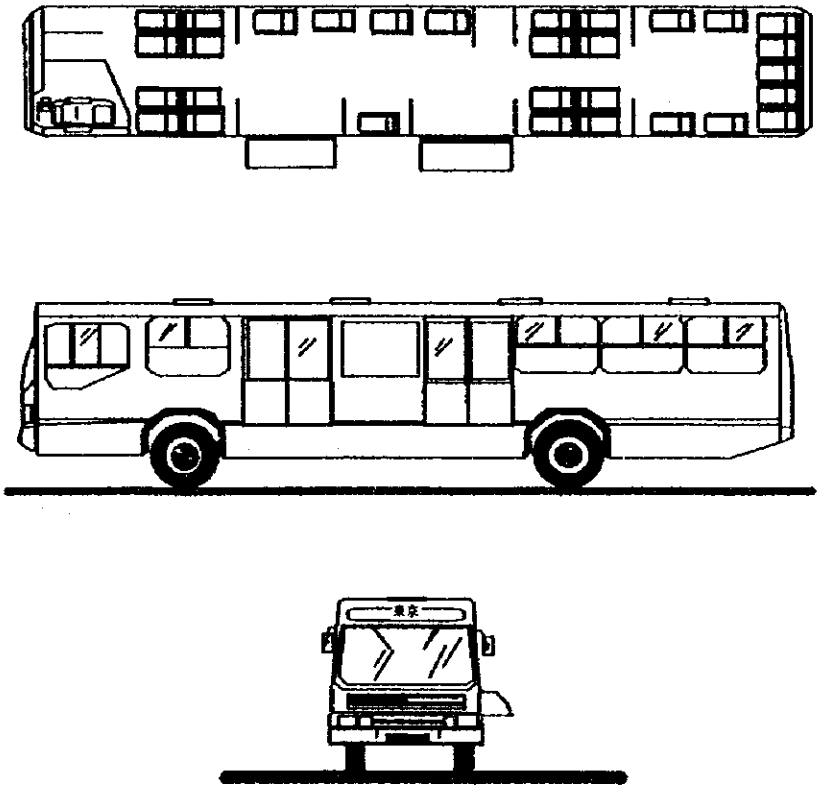

Figura 9.5-2 Esquema de Asiento para Autobuses en Curitiba, Brasil (Sencillo Expreso)

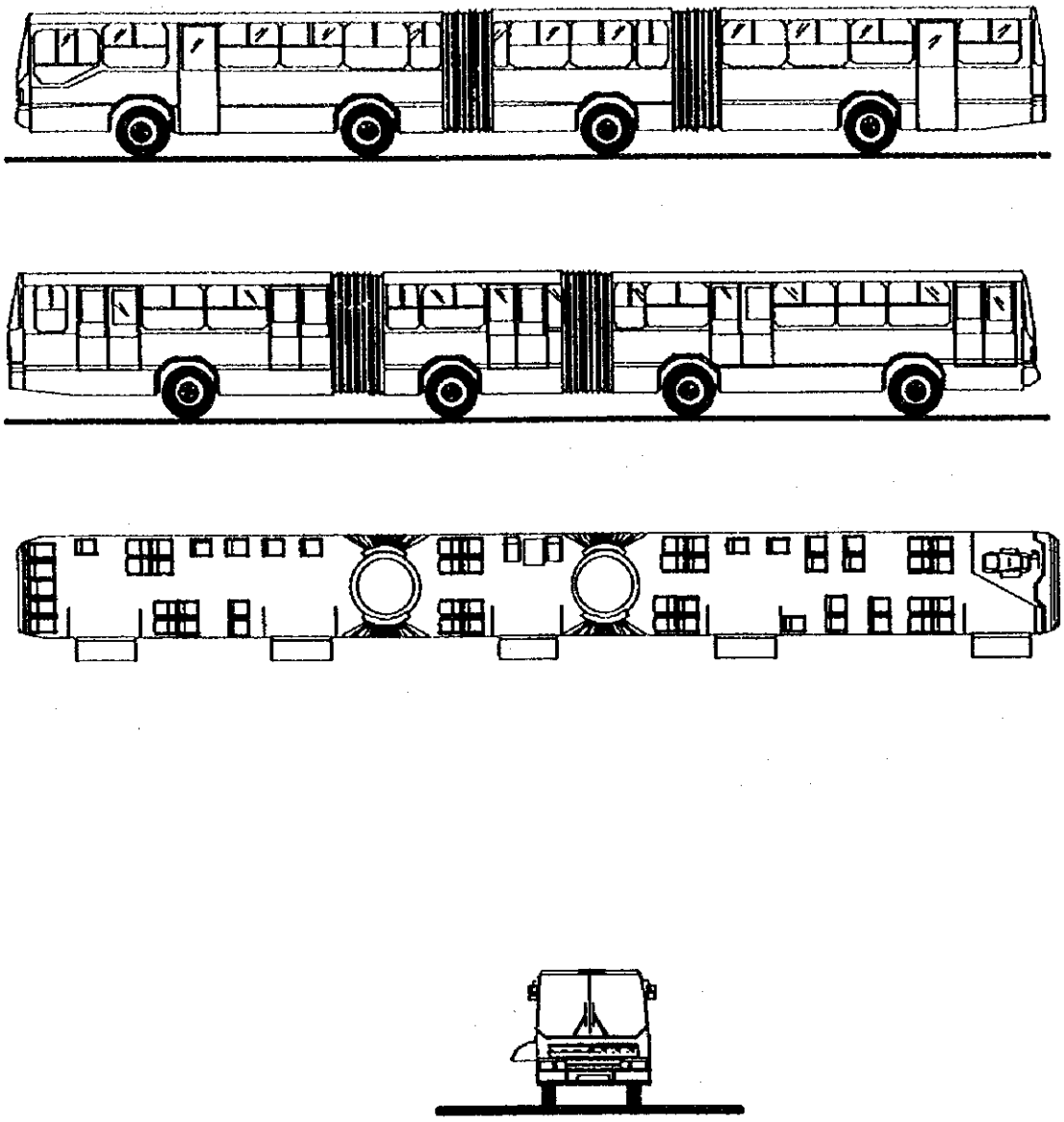

Figura 9.5-3 Esquema de Asiento para Autobuses en Curitiba, Brasil (Biarticulado Expreso)

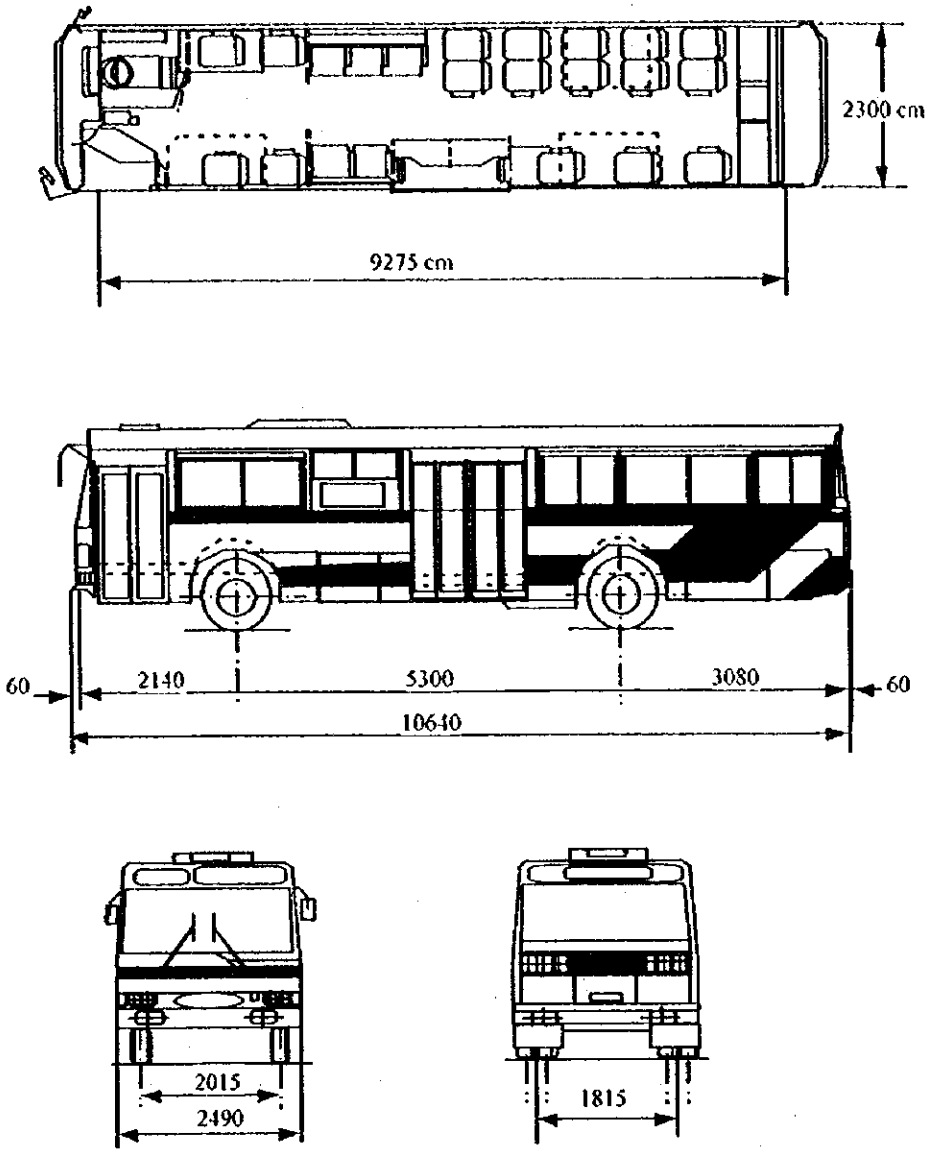

Figura 9.5-4 Esquema de Asiento para el Autobús en Nagoya, Japón

9.5.4. Velocidad Comercial del Autobus

La Figura 9.5-5 resume un porcentaje acumulativo de distribución de las velocidades comerciales de autobús registradas a lo largo de la Av. Caracas con vía segregada de solobús en el pico de la mañana. Los datos se registraron durante Septiembre y Octubre de 1998, cuando el control de número de placa del vehículo ya se había comenzado en Bogotá y las condiciones de tráfico sobre los carriles de vehículos por fuera de las vías segregadas de solobús se han mejorado.

Como puede verse, el 50 por ciento de la velocidad comercial de autobús es aproximadamente 17km/h en el pico de mañana. La figura varía a lo largo de secciones de distritos del sur, centrales y norte. La sección entre Calle 26 y Calle 76 en la dirección embarque es tan baja como 7 a 15 km/h. La velocidad más alta es aproximadamente 35 km/h.

Según otro registro para referir al Reporte de Investigación 329 de TRRL, en las vías de solobús en la Av. Cristiano Machado en Belo Horizonte, Brasil; aproximadamente 30km/h se registraron en el pico de mañana. El diseño de parada de autobús de las vías de solobús permite adelantar al autobús, algunos autobuses operan servicio expreso y los espacios de intersección y parada de autobuses son largos. En Curitiba, las velocidades comerciales se registraron entre 20 y 25km/h en ambos picos. En Nagoya, Japón, la velocidad comercial del autobús clave de ruta (Key) es aproximadamente 20km/h.

En el Estudio, sobre la suposición que las velocidades comerciales de los autobuses de troncal y expreso son aproximadamente 30 y 20 km/h, el sistema de operación de autobús y las estructuras viales de solobús se planifican. La Tabla 9.5-1 sintetiza el resumen de estructuras de vías de solobús.

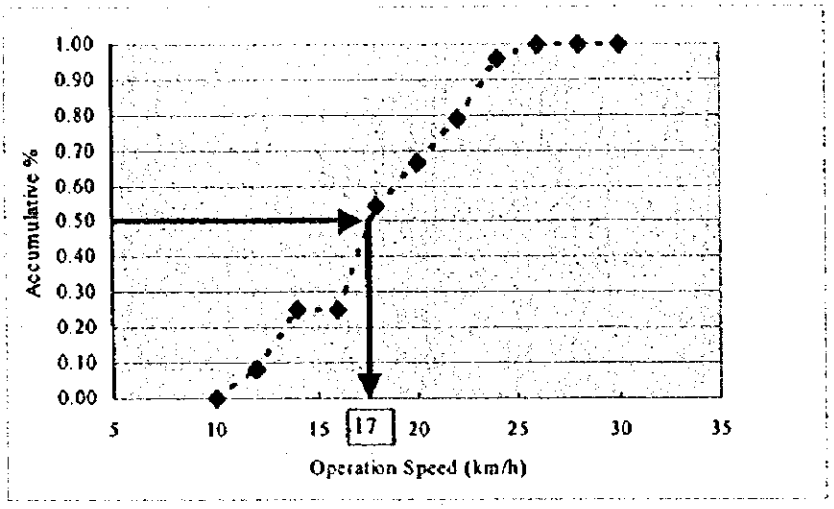

Figura 9.5-5 Velocidades Comerciales de Autobús sobre la Caracas en la hora Pico de la Mañana

9.5.5. Espacios Entre la Parada de Autobus

Las determinaciones físicas principales de la velocidad comercial promedio de autobús parecen ser la parada de autobús y los espacios de intersección. La capacidad de parada de autobús es una importante determinante del desempeño total del sistema de autobús. El espaciado de la parada de autobús también influye en el desempeño. Según la relación entre el espaciado de la parada de autobús y la velocidad comercial según la Directiva de Diseño para Vías de solobús de Tránsito en el Laboratorio de Investigación de Transporte (TRL), entre más largo es el espacio entre paradas, es más alta la velocidad comercial. Por ejemplo, la velocidad comercial sube a aproximadamente 1.3 1.4 veces cuando el espaciamiento es superior a de 600 mts a 1km.

El espaciamiento para el autobús de servicio expreso emplea un espacio promedio de 1.5 km, mientras que se deja un promedio de espacio de 600 mts. para el autobús de troncal (ver Tabla 9.5-1).

En lo que concierne al Sistema Clave (Key) de Autobús de Nagoya, (Japón), el promedio de espaciamiento para el autobús expreso es de aproximadamente 700 mts, mientras que 400 mts se dejan para el autobús clave (Key).

9.5.6. Sistema de Tiquetes

Los pasajeros tienen que pasar a través de una registradora antes de pagar la tarifa en la puerta de entrada del autobús en el sistema corriente. En el sistema, toma por ejemplo, 5 a

10 segundos para 2 a 3 pasajeros el abordar y descender. Por lo tanto, a fin de reducir el tiempo de permanencia a la parada de autobús, se necesita un sistema eficiente de tiquetear. Los tiempos de abordaje por el pasajero en un sistema de recaudo de tarifa en la entrada al autobús mediante el recaudo de tarifa o la validación de boleta, son obviados por el sistema actual en el que la entrada del autobús se desbloquea.

En Curitiba, un conductor se acompaña por un aparato tiqueteador dentro del autobús. El tiempo de demora en este sistema de tiqueteo es más corto que en el sistema actual de Bogotá.

Las velocidades comerciales propuestas para la troncal y los autobuses expresos están sobre la suposición que un sistema de tiqueteo fuera de borda se emplee como sistema rápido. Este ofrece la posibilidad de reducir el tiempo de servicio al pasajero y por medio de esto, reducir el tiempo de detención del autobús y aumentar velocidad comercial.

9.5.7. La Confiabilidad del Sevicio de Autobus

En general, la confiabilidad del servicio de autobús es comúnmente medida como un porcentaje de llegadas a la terminal con 0 a 4 minutos de demora, también depende primariamente de las condiciones de tránsito a lo largo de la ruta. Los autobuses tienen confiabilidad alta bajo condiciones seguras de tránsito. Por ejemplo, si las calles se bloquean, las rutas de autobús pueden ser rápidamente y fácilmente reubicadas. Adicional, los autobuses no son afectados por interrupciones temporales del servicio de electricidad.

Por el lado negativo, los autobuses son altamente sensibles a las condiciones del tránsito, debido a que la mayoría de las rutas de autobús operan en vías con tránsito mixto. El clima inclemente afecta los autobuses mucho más que los sistemas de riel. Consecuentemente, los servicios de autobús en congestionadas áreas urbanas con una confiabilidad de únicamente 50 a 70% no son raros, particularmente durante las horas pico.

En el propuesto sistema de bus troncal, donde los autobuses troncales y los autobuses expresos se operan sobre las vías segregadas de solobús con vehículos privados, los autobuses no son influidos por las condiciones del tránsito. La confiabilidad se mejorará, comparando al sistema actual.

La regularidad de la operación del autobús puede mejorarse si un control central se introduce que pueda controlar los movimientos de todos los autobuses sobre una ruta o una red entera. El control central de autobuses es, sin embargo, más difícil técnicamente y más complejo, debido al número grande de autobuses y lo complicado de la red de ruta. Esos controles pueden ser muy útiles en subsanar las demoras mediante ciertas medidas de control. Es posible aumentar la confiabilidad.

9.5.8. El Sistema de Operacion en el 2000

(1) Procedimiento

Como se mencionó antes, a fin de examinar la real operación de autobuses troncales, las diferentes rutas autobús de troncal se cortan o integran. Finalmente las cuatro (4) rutas en el 2000 y treinta y dos (32) rutas en el 2005 se proponen como unas rutas de autobús de troncal. Acorde con la demanda de pasajeros de estas rutas, el sistema de operación de autobuses en las horas pico tal como frecuencia programada, lapso y destinación de las flotas de autobús es propuesto por el autobús troncal y de servicio expreso. Según el número de flotas destinadas de autobús, número de flotas proveídas de autobús por la troncal, y autobuses expresos, se discute también la compra de una flota de autobuses.

El sistema de operación de autobuses se examina sobre las suposiciones siguientes:

1) En general, hay dos (2) servicios programados de frecuencia: uno es por la frecuencia decidida por una política de transporte y la otra está según la demanda. La frecuencia debería ser empleada según la frecuencia más grande entre las dos frecuencias. En Bogotá, debido a que la demanda es grande, la frecuencia es decidida por la demanda máxima en una ruta.

2) Una frecuencia programada de servicio es calculada dividiendo la demanda máxima por la capacidad de autobús.

3) Una porción de frecuencia de servicio de autobús expreso al servicio total (los autobuses de troncal y expreso) emplea el 50% en el supuesto de una ruta con servicio de autobuses troncal y expreso.

4) El tiempo de detención en la parada de autobús se reduce en la suposición que un sistema de marcar fuera-de-borda como sistema de tiqueteo rápido sea empleado. Una relación de reducción de 50% al autobús actual con 2 puertas, referido al tiempo de detención registrado en E.E.U.U. en el que el tiempo de abordaje incluyendo pagar a bordo es de 6 a 8 segundos, mientras que 1.5 a 2.5 segundos se usan para un sistema de tiqueteo fuera de borda. El factor de autobús expreso con 4 puertas es de 0.25.

5) Dado que el tiempo de detención es más corto que el del lapso, el lapso de operación se escoge.

6) La frecuencia programada con una ruta de ida y vuelta emplea la frecuencia más grande que la de dos direcciones.

(2) Demanda y Plan Troncal de Vías de solobús

La Tabla 9.5-4 muestra el plan troncal de vías de solobús según la demanda de pasajeros sobre cada vía de solobús. En el 2000, el flujo de pasajeros de autobús de troncal en la Caracas en la hora pico es de 20,000 a 30,000 pasajeros/h/d en la dirección de embarque. Sobre la Calle 80 son aproximadamente 24,000 pasajeros/h/el d pasan a través de la dirección de embarque. La Autopista Norte y el corredor Férreo del Sur también están recargados en los flujos de pasajeros. Por lo tanto, según la demanda de vías de solobús, se planea la troncal de 1 carril por dirección y la vía expresa solobús sobre la Av. Caracas Norte y Calle 80. Sobre la Calle 80, vías de solobús de 2 carriles por dirección están ahora en construcción. El corredor férreo del Sur necesita una troncal de 2 carriles vías de solobús en una dirección. En el 2000, vías de solobús elevadas sobre la Av. Caracas se planificarán para el sistema expreso de autobús.

Tabla 9.5-4 Demanda y Plan de Vía Troncal de solobús en 2000

Vía de Autobús	Pasajeros de Bus /hora			Tipo y No. de carriles/dir	Comentarios
	Total (troncal+ordinario)	Buses de troncal	Alcance de troncal		
Autopista Norte	20.000	11.000	55.0%	1 Carril toncal solobús/dir. y 1 carril vía expresa solobus/dir.	DVE 100 m.
Caracas al Sur	29.000	20.000	69.0%		DVE: 40 m.
Caracas central	35.000	30.000	85.7%		DVE: 40 m.
Calle 80	28.000	24.000	85.7%	1 Carril toncal solobús y 1 carril vía expresa solobus	En construcción de vías troncales con 2 carriles/dir.
Férreo del Sur	19.000	19.000	100.0%	2 cariles troncal solobús	

DVEÑ Derecho de Vía Existente

(3) Lapso y Frecuencia Programada

La Tabla 9.5-5 resume el lapso y frecuencia programados en la hora pico. La frecuencia más alta en ambos casos, la operación de autobús troncal y expreso se estima sobre la ruta No.T05. Estas figuras son de una frecuencia de aproximadamente 60 por hora para el autobús expreso y 130 para el autobús troncal. Esos lapsos de los autobuses troncal y expreso son aproximadamente 60 seg y 30 seg, respectivamente.

La Tabla 9.5-5 muestra el coeficiente de utilización de trabajo a es la relación de pasajero-km transportado (servicio utilizado) con espacio-km operado (servicio ofrecido). Entre más alto es este coeficiente, mejor es la utilización del sistema y más económica es su operación. La utilización más alta, sin embargo, también indica menor comodidad del pasajero. En el 2000, el coeficiente máximo se estima sobre la ruta No.T06. La figura es aproximadamente 0.85 que incluye la ruta de autobús en la dirección de desembarque. Las rutas T03 y T05 son tan bajas como de 0.5, respectivamente.

Tabla 9.5-5 Frecuencia Programada, Lapso y Coeficiente de Actividad en la Hora pico en el 2000

Routes	Direction	Passengers on Board/hour		Scheduled Frequency /dir/hour			Headway (sec)			System Capacity (pax/h)			Ratio of Demand Capacity	Passenger-km	Space-km	a : Pax-km/Space-km
		Maximum passengers	Minimum passengers	Express Buses (200 pax)	Trunk Buses (100pax)	Total	Express Buses	Trunk Buses	Express and Trunk Buses	Express Buses	Trunk Buses	Route Total				
T0001	Inbound	11,578	1,686	29	58	87	124	62	41	5,800	5,800	11,600	0.998			
	Outbound	11,141	3,842	28	56	84	124	64	43	5,800	5,600	11,400	0.977	394,963	661,250	0.597
T0003	Inbound	20,331	1,149	51	102	153	71	35	24	10,200	10,200	20,400	0.997			
	Outbound	15,170	915	40	79	119	71	46	30	10,200	7,900	18,100	0.871	363,963	689,150	0.528
T0005	Inbound	25,192	4,125	63	126	189	57	29	19	12,600	12,600	25,200	1.000			
	Outbound	5,856	511	15	30	45	57	120	80	12,600	3,000	15,600	0.375	306,606	650,760	0.471
T0006	Inbound	18,685	9,622	-	187	187	-	19	19	-	18,700	18,700	0.999			
	Outbound	2,780	1,206	-	28	28	-	129	129	-	2,800	2,800	0.993	247,680	290,250	0.853

(4) Flujo de Autobús de Troncal en Vías solobús

La Tabla 9.5-6 resume la frecuencia y el lapso integrados en la troncal de vías solobús. Esas figuras muestran el flujo de autobuses más grande en ambas direcciones, que son principalmente en la dirección de embarque. La Av. Caracas es muy congestionada en el transporte de autobús. Los números totales de autobuses son aproximadamente 430 por hora, de los cuales 140 están para el expreso y 290 están para los autobuses de troncal en la hora pico. En la Calle 80, el número de autobuses es 190 por hora a un promedio de lapsos de 20 seg (lapsos de 57 seg para el expreso y 29 seg para autobuses de troncal).

Tabla 9.5-6 Flujos de Autobús de Troncal en Vías solobús en 2000

Vías solobús	Frecuencia/hora			Lapso (seg)		
	Buses expresos	Buses de Troncal	Total	Buses Expresos	Buses de Troncal	Total
Caracas	149	286	429	25	13	8
Norte	29	58	87	124	62	41
Calle 80	63	126	189	57	29	19
Ferreo del Sur		187	187		19	19

(5) Flotas Destinadas de Autobús en la Hora pico

La Tabla 9.5-7 muestra el número de flotas destinadas de autobús por hora en la hora pico que se estima toma en cuenta una operación circular para volver al terminal de arranque. El número total de flotas destinadas de autobús es aproximadamente 940 por hora en la hora pico, de las que 190 son autobuses expresos y 750 son autobuses de troncal.

En consideración del factor para el mantenimiento y reserva de las flotas de autobús, suponiendo sobre un factor de 1.2, es necesaria proveer una flota total de autobuses de 1,100 de los que 200 son autobuses expresos y 900 son para la troncal de autobuses. Los autobuses articulados como el autobús expreso se necesitará comprarlos nuevos. En lo que concierne al autobús troncal, es mejor usar los autobuses grandes existentes como autobuses troncales. Sin embargo, a fin de incrementar la capacidad de autobuses, se necesita remodelar el interior del autobús con la reestructuración del esquema de asientos.

Es necesario comprar un autobús nuevo articulado de 200 pasajeros y remodelar un autobús grande de 90 hasta el año 2000.

Tabla 9.5-7 Números de Flotas Destinadas de Autobús en la Hora pico en el 2000

		Bus expreso	Bus Troncal	Total
	Total	183	752	935
Factor para mantenimiento, reserva etc.	=	1.2		
	Total	220	902	1.123

Rutas	Dirección	Longitud de ruta (Km)	Operación propuesta Velocidad (km/h)		TiempoPromedio Detenido (seg)		Tiempo promedio ente Terminales (hora)		Número de Buses Asignados/hora en operación estación	
			Expreso	Troncal	Expreso	Troncal	Expreso	Troncal	Expreso	Troncal
T 0001	Embarque	28.8	30	20	15	7	0.96	1.44	28	58
	Desembarque	28.8	30	20	13	5	0.96	1.44	28	58
T 0002	Embarque	17.9	30	20	13	7	0.60	0.90	30	91
	Desembarque	17.9	30	20	16	7	0.60	0.90	30	91
T 0003	Embarque	16.0	30	20	20	9	0.53	0.80	33	100
	Desembarque	16.0	30	20	15	7	0.53	0.80	33	100
T 0004	Embarque	13.5	30	20	0	6	0.45	0.68	0	126
	Desembarque	13.5	30	20	0	10	0.45	0.68	0	126

9.5.9. El Sistema de Operacion en el 2005

(1) Demanda y Plan de Vias Troncales

La Tabla 9.5-8 muestra el plan de vías troncales según la demanda de pasajeros sobre cada vía de solobús. En el 2005, de entre las once (11) vías solobús, Av. Caracas, Autopista Norte, Calle 80 y Autopista Sur se necesita la introducción del sistema expreso de autobús debido a que los flujos de pasajeros sobre estas vías exceden aproximadamente 20,000 pasajeros/h/d.

En lo que concierne a la Av. Suba como se mencionó antes, planear vías de solobús con 2 carriles segregados sobre la vía existente no es fácil debido a la dificultad de ensanchar la vía. Dos troncales de vías solobús con 1 carril/dir se planifican para la única operación de autobús de troncal: sobre la Av. Suba y también una nueva vía de solobús desde la Av. Suba hacia la Av. Caracas por la vía de la Av. 127 a Autopista Norte.

Por otra parte, debido a que las vías solobús sobre la Calle 80 toman las sobre demandas de pasajeros, es difícil operar en el sistema de autobús de troncal propuesto en el 2005. Como mencionó antes, las operaciones de autobús troncal y expreso sobre la vías de solobús con 2 carriles/sentido se proponen hasta completar la Etapa 2 en el proyecto de ferrocarril SITM para aumentar la capacidad de autobuses.

Tabla 9.5-8 Demanda y Plan de Vías Troncales en 2005

Vías	Pasajeros de Bus /hora			Tipo y no. de carriles/Sentido	Observaciones
	Total Troncal + Ordinario	Buses de Troncal	Rata de Buses de Troncal		
Cra.7ª	21.000	21.000	100.0%	1-carril troncal solobús/sentido	DVE: 30 mts (dificultadde ensanche)
Cra.10	29.000	19.000	65.5%	2-carriles troncal solobús/sentido	Dificultad de ensanche
Caracas al sur	34.000	34.000	100.0%	Vías solobús Troncal y expresa (1-carril/sentido c/u)	DVE: 40 mts
Caracas central	34.000	33.000	97.1%	Vías solobús Troncal y expresa (1-carril/sentido c/u)	DVE: 40 mts
Autopista Norte	23.000	21.000	91.3%	Vías solobús Troncal y expresa (1-carril/sentido c/u)	DVE: 100mts
Av. Quito	23.000	20.000	87.0%	1-carril troncal solobús/sentido	DVE: 60 mts
Autopista Sur	29.000	27.000	93.15		Posibiliddad desensanche
Calle 80	47.000	46.000	97.9%		Propuesta de completar proyecto de ferrovía SITM hasta 2.005
Cra.68	17.000	17.000	100.0%	1-carril troncal solobús/sentido	DVE: 40 mts
Av.Suba	20.000	13.000	65.0%	1-carril troncal solobús/sentido y 1-carril troncal solobús en otra ruta	Dificultad de ensanche
Calle 170	12.000	12.000	100.0%	1-carril troncal solobús/sentido	Dificultad de ensanche

DVE Derecho de rio existente

(2) Lapso y Frecuencia Programada

La Tabla 9.5-9 resume el lapso y frecuencia programados en la hora pico. La frecuencia más alta en ambos casos, de operación de autobús de troncal y de expreso se estima en la ruta No.T0051 que pasa a través de la Calle 80 a la Av. Caracas. La figura es una frecuencia de aproximadamente 80 por hora para el autobús expreso y 25 para el autobús de troncal. Esos lapsos de los autobuses troncal y expreso son aproximadamente 45 seg y 140 seg, respectivamente.

T0033 y T0049 donde únicamente se operan los autobuses troncales son las rutas más ocupadas en el lapso con 26 y 30 seg respectivamente. T0033 se opera en la Av. Caracas, mientras T0049 está en la Calle 80. El coeficiente de utilización de trabajo se muestra también en la Tabla 9.5-9. Las rutas con un coeficiente de trabajo de 0.8 o más exceden aproximadamente 70% del total. Las rutas con esas figuras más altas son en dirección principalmente de embarque. Por otra parte, los coeficientes sobre rutas en la dirección de desembarque son bajos.

Tabla 9.5-9 Frecuencia Programada, Lapso y Coeficiente de trabaja en la Hora pico en 2005

Routes	Direction	Passengers on Board hour		Scheduled Frequency /dir/hour			Headway (sec)			System Capacity (pax/h)			Ratio of Demand/ Capacity	Passenger-km	Space-km	a=Pax-km/Space-
		Maximum passengers	Minimum passengers	Express Buses (200	Trunk Buses (100pax)	Total	Express Buses	Trunk Buses	Express and Trunk Buses	Express Buses	Trunk Buses	Route Total				
T0001	Inbound	456	8	-	4	4	-	900	900	-	400	400	1.140	4,869	7,440	0.654
T0002	Outbound	2,399	366	-	19	19	-	189	189	-	1,900	1,900	1.263	29,480	33,820	0.872
T0005	Inbound	417	5	-	4	4	-	900	900	-	400	400	1.043	1,152	6,200	0.186
T0006	Outbound	973	31	-	8	8	-	450	450	-	800	800	1.216	9,521	12,400	0.768
T0007	Inbound	2,342	177	-	19	19	-	189	189	-	1,900	1,900	1.233	20,348	32,680	0.623
T0008	Outbound	1,590	14	-	13	13	-	277	277	-	1,300	1,300	1.223	7,567	23,920	0.316
T0009	Inbound	3,973	64	-	31	31	-	116	116	-	3,100	3,100	1.282	25,295	55,490	0.456
T0010	Outbound	2,122	15	-	17	17	-	212	212	-	1,700	1,700	1.248	16,139	30,430	0.530
T0017	Inbound	13,002	1,263	49	16	65	73	225	55	9,800	1,600	11,400	1.141	189,114	336,300	0.562
T0018	Outbound	6,526	1,182	22	13	35	164	277	103	4,400	1,300	5,700	1.145	110,432	165,870	0.666
T0019	Inbound	857	266	-	7	7	-	514	514	-	700	700	1.224	8,292	10,080	0.823
T0020	Outbound	6,877	1,028	-	53	53	-	68	68	-	5,300	5,300	1.298	44,040	76,320	0.577
T0021	Inbound	11,082	1,425	-	86	86	-	42	42	-	8,600	8,600	1.289	195,241	281,220	0.694
T0022	Outbound	9,667	482	-	75	75	-	48	48	-	7,500	7,500	1.289	194,256	247,500	0.785
T0025	Inbound	2,460	612	-	19	19	-	189	189	-	1,900	1,900	1.295	11,508	12,160	0.946
T0026	Outbound	658	174	-	6	6	-	600	600	-	600	600	1.097	3,180	3,660	0.869
T0029	Inbound	7,227	1,265	-	56	56	-	64	64	-	5,600	5,600	1.291	26,367	31,360	0.841
T0030	Outbound	1,468	561	-	12	12	-	300	300	-	1,200	1,200	1.223	7,061	7,320	0.965
T0031	Inbound	16,974	2,866	56	33	89	64	109	40	11,200	3,300	14,500	1.171	195,679	261,000	0.750
T0032	Outbound	3,329	512	13	4	17	277	900	212	2,600	400	3,000	1.110	39,683	55,200	0.719
T0033	Inbound	15,453	1,342	-	119	119	-	30	30	-	11,900	11,900	1.299	171,295	248,710	0.691
T0034	Outbound	4,654	248	-	36	36	-	100	100	-	3,600	3,600	1.293	51,781	75,240	0.688
T0037	Inbound	5,027	105	-	39	39	-	92	92	-	3,900	3,900	1.289	55,212	65,520	0.843
T0038	Outbound	245	65	-	2	2	-	1,800	1,800	-	200	200	1.225	2,527	3,280	0.770
T0043	Inbound	3,028	780	-	24	24	-	150	150	-	2,400	2,400	1.262	48,158	49,440	0.974
T0044	Outbound	740	85	-	6	6	-	600	600	-	600	600	1.233	11,672	12,720	0.918
T0045	Inbound	5,394	2,475	-	42	42	-	86	86	-	4,200	4,200	1.284	83,365	84,840	0.983
T0046	Outbound	4,053	161	-	32	32	-	113	113	-	3,200	3,200	1.267	38,784	66,560	0.583
T0049	Inbound	17,903	435	-	138	138	-	26	26	-	13,800	13,800	1.292	206,308	259,440	0.795
T0050	Outbound	675	39	-	6	6	-	600	600	-	600	600	1.125	7,419	10,800	0.687
T0051	Inbound	21,504	583	80	25	105	45	144	34	16,000	2,500	18,500	1.162	209,371	314,500	0.666
T0052	Outbound	1,573	488	6	4	10	600	900	360	1,200	400	1,600	0.983	16,713	26,080	0.641
T0055	Inbound	10,710	920	-	83	83	-	43	43	-	8,300	8,300	1.290	106,428	156,870	0.678
T0056	Outbound	1,895	439	-	15	15	-	240	240	-	1,500	1,500	1.263	28,349	29,400	0.964
T0057	Inbound	11,023	3,383	-	85	85	-	42	42	-	8,500	8,500	1.297	151,927	158,950	0.956
T0058	Outbound	9,612	596	-	74	74	-	49	49	-	7,400	7,400	1.299	59,805	142,820	0.419
T0061	Inbound	14,145	5,205	47	28	75	77	129	48	9,400	2,800	12,200	1.159	163,412	208,620	0.783
T0062	Outbound	9,888	831	33	20	53	109	180	66	6,600	2,000	8,600	1.150	140,206	147,060	0.953
T0065	Inbound	4,709	181	-	37	37	-	97	97	-	3,700	3,700	1.273	46,053	76,500	0.601
T0066	Outbound	6,748	497	-	52	52	-	69	69	-	5,200	5,200	1.298	116,930	110,760	1.056
T0067	Inbound	5,263	953	-	41	41	-	88	88	-	4,100	4,100	1.284	51,663	59,450	0.869
T0068	Outbound	6,338	1,888	-	49	49	-	73	73	-	4,900	4,900	1.293	65,083	71,050	0.916
T0073	Inbound	11,492	2,163	-	89	89	-	40	40	-	8,900	8,900	1.291	109,533	133,500	0.820
T0074	Outbound	4,886	2,036	-	38	38	-	95	95	-	3,800	3,800	1.286	61,254	57,000	1.075
T0075	Inbound	3,886	7	-	30	30	-	120	120	-	3,000	3,000	1.295	36,066	50,700	0.711
T0076	Outbound	5,953	942	-	46	46	-	78	78	-	4,600	4,600	1.294	51,893	77,740	0.668
T0077	Inbound	2,115	275	7	17	24	514	212	150	1,610	1,700	3,310	0.639	18,768	45,016	0.417
T0078	Outbound	204	5	1	2	3	514	1,800	1,200	1,610	200	1,810	0.113	1,744	25,302	0.068
T0083	Inbound	5,361	246	-	42	42	-	86	86	-	4,200	4,200	1.276	65,779	103,320	0.637
T0084	Outbound	1,966	358	-	16	16	-	225	225	-	1,600	1,600	1.229	21,255	39,360	0.540
T0087	Inbound	6,471	34	-	50	50	-	72	72	-	5,000	5,000	1.294	71,940	146,000	0.493
T0088	Outbound	1,298	421	-	10	10	-	360	360	-	1,000	1,000	1.298	7,678	14,000	0.548
T0089	Inbound	5,768	78	-	45	45	-	80	80	-	4,500	4,500	1.282	72,425	121,950	0.594
T0090	Outbound	1,972	32	-	16	16	-	225	225	-	1,600	1,600	1.233	11,337	22,400	0.506
T0091	Inbound	3,375	475	12	7	19	300	514	189	2,400	700	3,100	1.089	31,803	36,580	0.869
T0092	Outbound	1,136	108	4	3	7	900	1,200	514	800	300	1,100	1.033	10,364	14,080	0.736
T0095	Inbound	10,164	169	-	79	79	-	46	46	-	7,900	7,900	1.287	108,697	194,340	0.559
T0096	Outbound	1,022	22	-	8	8	-	450	450	-	800	800	1.278	9,699	9,760	0.994
T0097	Inbound	9,778	373	-	76	76	-	47	47	-	7,600	7,600	1.287	140,809	186,200	0.756
T0098	Outbound	1,904	28	-	15	15	-	240	240	-	1,500	1,500	1.269	14,769	18,300	0.807
T0099	Inbound	11,442	4,916	-	89	89	-	40	40	-	8,900	8,900	1.286	253,026	265,220	0.954
T0100	Outbound	9,381	1,100	-	73	73	-	49	49	-	7,300	7,300	1.285	161,233	217,540	0.741
T0103	Inbound	8,151	785	-	63	63	-	57	57	-	6,300	6,300	1.294	112,246	119,070	0.943
T0104	Outbound	5,014	239	-	39	39	-	92	92	-	3,900	3,900	1.286	52,907	75,270	0.703

(3) Flujo de Autobús Troncal en Vías solobús

La Tabla 9.5-10 resume la frecuencia y el lapso integrado en la troncal de vía solobús. Esas figuras muestran mayores flujos de autobús en ambas direcciones, que son principalmente en la dirección de embarque. La Av. Caracas está muy ocupada con el transporte de autobús. Los números totales de autobuses son aproximadamente 140 por hora para el expreso y 410 para autobuses troncal en la hora pico. En la Calle 80, el número de autobuses es 410 por hora (80 para el expreso y 330 para autobuses troncales).

Tabla 9.5-10 Flujos de Autobús de Troncal en Vías solobús en 2005

Vías	Frecuencia/hora			Lapso (seg)		
	Bus Expreso	Bus Troncal	Total	Bus Expreso	Bus Troncal	Total
Cra. 7ª	-	239	239	-	15	15
Cra. 10ª	-	167	167	-	22	22
Av. Quito	-	373	373	-	10	10
Autop. Sur	47	158	205	77	23	
Cra. 68	-	188	188	-	19	19
Calle 170	-	141	141	-	26	26
Av. Suba	-	63	63	-	57	57
Av. Caracas	142	410	552	25	9	
Av. Boyacá	-	200	200	-	18	18
Calle 80	80	331	411	45	11	
Av. Centenario	7	343	350	514	10	10
Av. Américas	12	162	174	300	22	21
Autop. Norte	49	102	151	73	35	24

(4) Flotas Destinadas de Autobús en la Hora pico

La Tabla 9.5-11 muestra el número de flotas destinadas de autobús por hora en la hora pico estimada tomando en cuenta una operación circular para volver al terminal de arranque. Tomando en consideración el factor para el mantenimiento y reserva de las flotas de autobús, asumiendo un factor de 1.2, el número necesario de autobuses es aproximadamente 380 en el 2005, en el contraste con los 200 en el 2000. El número necesario de autobuses troncales aumenta severamente, comparado con los de el 2000. La figura es de aproximadamente 3,500 flotas, en el contraste con 900 en el 2000 con el fin de cortar rutas ordinarias de autobús en un 46%.Será necesario comprar buses articulados nuevos como el expreso. En lo que concierne al autobús de troncal, es mejor usar los autobuses grandes existentes como autobuses de troncal. Sin embargo, a fin de aumentar la capacidad de autobuses, se debe remodelar el interior del autobús de la misma forma que en el 2000.

Tabla 9.5-11 Números de Flotas Destinadas de Autobús en la Hora pico en 2005

	Express Bus	Trunk Bus	Total
Total	320	2,886	3,206
Factor for maintenance, reservation, etc =	1.2		
Total	384	3,463	3,848

Routes	Direction	Route	Proposed Bus Operation		Average Dwelling		Operation Time between		Number of Allocated	
			Express Bus	Trunk Bus	Express	Trunk	Express Bus	Trunk Bus	Express Bus	Trunk Bus
T0001	Inbound	18.6	30	20	0	4	0.62	0.93	0	17
T0002	Outbound	17.8	30	20	0	7	0.59	0.89	0	17
T0005	Inbound	15.5	30	20	0	9	0.52	0.78	0	6
T0006	Outbound	15.5	30	20	0	4	0.52	0.78	0	6
T0007	Inbound	17.2	30	20	0	9	0.57	0.86	0	16
T0008	Outbound	18.4	30	20	0	11	0.61	0.92	0	16
T0009	Inbound	17.9	30	20	0	9	0.60	0.90	0	28
T0010	Outbound	17.9	30	20	0	13	0.60	0.90	0	28
T0017	Inbound	29.5	30	20	14	7	0.98	1.48	48	16
T0018	Outbound	29.1	30	20	21	10	0.97	1.46	48	16
T0019	Inbound	14.4	30	20	0	12	0.48	0.72	0	38
T0020	Outbound	14.4	30	20	0	12	0.48	0.72	0	38
T0021	Inbound	32.7	30	20	0	7	1.09	1.64	0	86
T0022	Outbound	33.0	30	20	0	9	1.10	1.65	0	86
T0025	Inbound	6.4	30	20	0	20	0.21	0.32	0	3
T0026	Outbound	6.1	30	20	0	19	0.20	0.31	0	3
T0029	Inbound	5.6	30	20	0	24	0.19	0.28	0	3
T0030	Outbound	6.1	30	20	0	25	0.20	0.31	0	3
T0031	Inbound	18.0	30	20	26	12	0.60	0.90	34	30
T0032	Outbound	18.4	30	20	27	12	0.61	0.92	34	30
T0033	Inbound	20.9	30	20	0	12	0.70	1.05	0	119
T0034	Outbound	20.9	30	20	0	18	0.70	1.05	0	119
T0037	Inbound	16.8	30	20	0	7	0.56	0.84	0	33
T0038	Outbound	16.4	30	20	0	8	0.55	0.82	0	33
T0043	Inbound	20.6	30	20	0	7	0.69	1.03	0	24
T0044	Outbound	21.2	30	20	0	10	0.71	1.06	0	24
T0045	Inbound	20.2	30	20	0	10	0.67	1.01	0	42
T0046	Outbound	20.8	30	20	0	11	0.69	1.04	0	42
T0049	Inbound	18.8	30	20	0	9	0.63	0.94	0	130
T0050	Outbound	18.0	30	20	0	9	0.60	0.90	0	130
T0051	Inbound	17.0	30	20	22	10	0.57	0.85	45	21
T0052	Outbound	16.3	30	20	24	10	0.54	0.82	45	21
T0055	Inbound	18.9	30	20	0	11	0.63	0.95	0	78
T0056	Outbound	19.6	30	20	0	13	0.65	0.98	0	78
T0057	Inbound	18.7	30	20	0	13	0.62	0.94	0	79
T0058	Outbound	19.3	30	20	0	12	0.64	0.97	0	79
T0061	Inbound	17.1	30	20	23	11	0.57	0.86	27	24
T0062	Outbound	17.1	30	20	26	12	0.57	0.86	27	24
T0065	Inbound	20.7	30	20	0	11	0.69	1.04	0	52
T0066	Outbound	21.3	30	20	0	14	0.71	1.07	0	52
T0067	Inbound	14.5	30	20	0	12	0.48	0.73	0	36
T0068	Outbound	14.5	30	20	0	12	0.48	0.73	0	36
T0073	Inbound	15.0	30	20	0	9	0.50	0.75	0	67
T0074	Outbound	15.0	30	20	0	13	0.50	0.75	0	67
T0075	Inbound	16.9	30	20	0	16	0.56	0.85	0	39
T0076	Outbound	16.9	30	20	0	14	0.56	0.85	0	39
T0077	Inbound	13.6	30	20	20	2	0.45	0.68	3	12
T0078	Outbound	14.2	30	20	19	3	0.47	0.71	3	12
T0083	Inbound	24.6	30	20	0	12	0.82	1.23	0	42
T0084	Outbound	24.6	30	20	0	16	0.82	1.23	0	42
T0087	Inbound	29.2	30	20	0	10	0.97	1.46	0	50
T0088	Outbound	14.0	30	20	0	16	0.47	0.70	0	50
T0089	Inbound	27.1	30	20	0	12	0.90	1.36	0	45
T0090	Outbound	14.0	30	20	0	25	0.47	0.70	0	45
T0091	Inbound	11.8	30	20	36	18	0.39	0.59	3	4
T0092	Outbound	12.8	30	20	39	13	0.43	0.64	3	4
T0095	Inbound	24.6	30	20	0	11	0.82	1.23	0	79
T0096	Outbound	12.2	30	20	0	27	0.41	0.61	0	79
T0097	Inbound	24.5	30	20	0	15	0.82	1.23	0	76
T0098	Outbound	12.2	30	20	0	26	0.41	0.61	0	76
T0099	Inbound	29.8	30	20	0	14	0.99	1.49	0	89
T0100	Outbound	29.8	30	20	0	16	0.99	1.49	0	89
T0103	Inbound	18.9	30	20	0	16	0.63	0.95	0	60
T0104	Outbound	19.3	30	20	0	16	0.64	0.97	0	60

9.5.10. Porción de Bus Expreso y Bus Troncal

En Bogotá, el futuro sistema de transporte público masivo consistirá en el bus troncal, bus expreso, bus corriente y ferrovía de SITM, en contraste con el único servicio de bus corriente actualmente. En esta sección, la futura porción del sistema de transporte público es analizada.

Figura 9.5-6 muestra la porción de los modos del transporte público en cuanto a pasajero-km en el año 2000. La más alta porción es la del bus corriente(81% del total), seguido por bus troncal(10%) y bus expreso(9%). En el año 2000, serán operadas solo tres(3) vías de bus troncal con 4 rutas para bus troncal y 3 para bus expreso, mientras el 70% de las rutas de bus corriente continuará.

Figura 9.5-7 también muestra la porción de los modos del transporte público en el año 2005 en la misma forma. En el año 2005, aproximadamente el 45% de las rutas de bus corriente serán eliminadas y la mayoría del transporte público será reemplazada por el sistema de bus troncal. Este sistema de bus será operado en 11 vías de bus troncal con 32 rutas para bus troncal y 6 rutas para bus expreso. Por lo tanto, la porción de bus troncal corresponde aproximadamente 50% del total. La porción de bus corriente se reduce a un 30%, en contraste con el 81% en el año 2000.

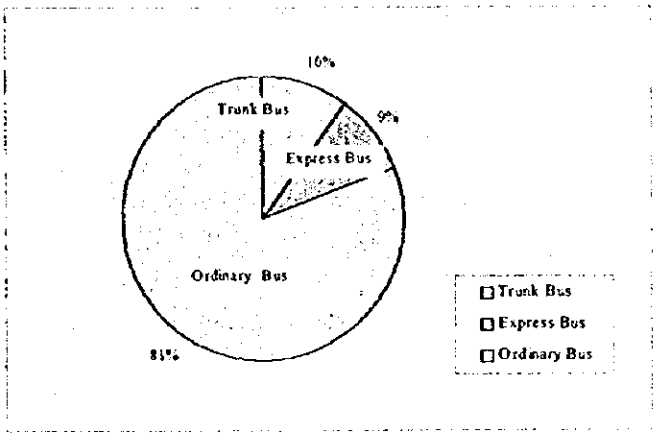

Figura 9.5-6 Porción de pasajero-km por Modos de Transporte Público Masivo en el 2000

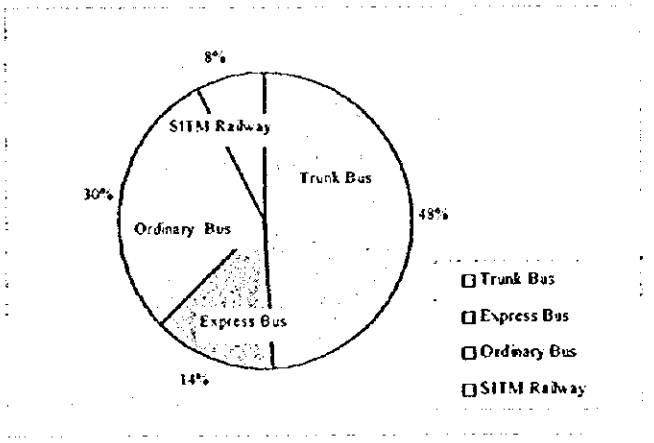

Figura 9.5-7 Porción de Pasajero-km por Modos de Transporte Público Masivo en el 2005

9.6. CONDICIONES DE LOS FLUJOS DE TRAFICO SOBRE LA AV. CARACAS, ESTIMADAS POR LA SIMULACION DE TRANSITO

9.6.1. GENERAL

En el 2005, sobre la Av. Caracas se ofrecen dos de tipos de servicio de bus, en el sistema de troncales: el servicio de bus troncal y el servicio de bus expreso. Los buses expresos corren sobre vías solobus totalmente segregadas en calzadas elevadas y el servicio de bus troncal opera sobre vías solobus totalmente segregadas con intersecciones semaforizadas a nivel. En lo que concierne al sistema de operación de bus sobre la Av. Caracas, a partir del análisis de demanda de la Sección previa, se establecieron frecuencias de 140 /hora para el servicio expreso y de 410 para el servicio de buses troncales, en la hora pico, que son equivalentes a unos intervalos de 25 y 9 segundos, respectivamente. Debido a que el flujo de buses troncales es muy pesado en las vías a nivel y con señalización, es necesario determinar el grado de saturación, sobre el sistema de operación de bus propuesto, tomando en cuenta tiempo de espera en las paradas de bus y el comportamiento en las intersecciones semaforizadas.

Por lo tanto, a fin de predecir el grado de saturación de la Av. Caracas sobre el sistema propuesto de bus troncal, el desempeño de la operación de bus se simula en un computador por medio de un modelo de simulación. Por el modelo, es posible predecir el efecto del desempeño de la operación, expresado desde el punto de vista de las mediciones de eficiencia, que incluyen velocidad promedio del bus, paradas del vehículo, demoras, etc.

En el Estudio se utilizar el modelo TRAF, que es el software aprobado por la Administración Federal de Carreteras en E.E.U.U. (FHWA). El TRAF es un sistema integrado de software que se compone de NETSIM y otros. NETSIM es un modelo microscópico de simulación estocástica de tránsito urbano.

En esta Sección, el modelo TRAF verifica si el servicio estimado de frecuencia para los buses troncales y expresos excede el límite de capacidad de la vía propuesta.

9.6.2. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

(1) Procedimiento

A fin de simular las características del tránsito sobre la Av. Caracas, se eligió el segmento comprendido entre la Calle 63 y la Calle 45 como área de estudio. El procedimiento de análisis es como se indica a continuación:

1) Recolección de los datos del tránsito actual sobre la Av. Caracas
   - Volúmenes de flujo de Buses
   - Volúmenes de tráfico de vehículos Privados, para paso directo y giros izquierdo y derecho.
2) Toma de información de la vía sobre la Av. Caracas entre Calles 63 y 45
   - Número de carriles: dos carriles por sentido con solobus segregado.
   - Ubicación de paradas de bus.
   - Número de bahías de bus: 2-bus bahías con bahía de bus sobre la calzada.
   - Señales de tráfico: ubicación, ciclos, longitud, y tiempo de despeje.
3) Establecer parámetros para el modelo de simulación.
   - Tamaño de la flota de Buses.

- Tiempo de espera en las paradas de bus.
- Intervalos de Operación.
- Características del Conductor.

4) Calibrar las condiciones actuales de tránsito.

5) Simular las condiciones actuales de tránsito para buses y vehículos privados en el caso Sin proyecto e identificar las limitaciones del sistema actual de bus.

6) Simular las condiciones actuales de tránsito para buses troncales y vehículos privados en el caso Con y predecir las condiciones de tránsito del solobus elevado y el solobus a nivel con intersecciones semaforizadas.

La Figura 9.6-1 resume la estimación del flujo para las condiciones del tránsito sobre la Av. Caracas a partir de la simulación de tránsito.

(2) Resultados

El desempeño del sistema de operación se expresa desde el punto de vista de los índices de eficiencia, que incluyen flujos de bus, frecuencia de servicio, velocidad promedio del vehículo y tiempo de demora en las intersecciones, medidos a partir del modelo de simulación.

Estimation Flow for Traffic Conditions on Av. Caracas by Traffic Simulation

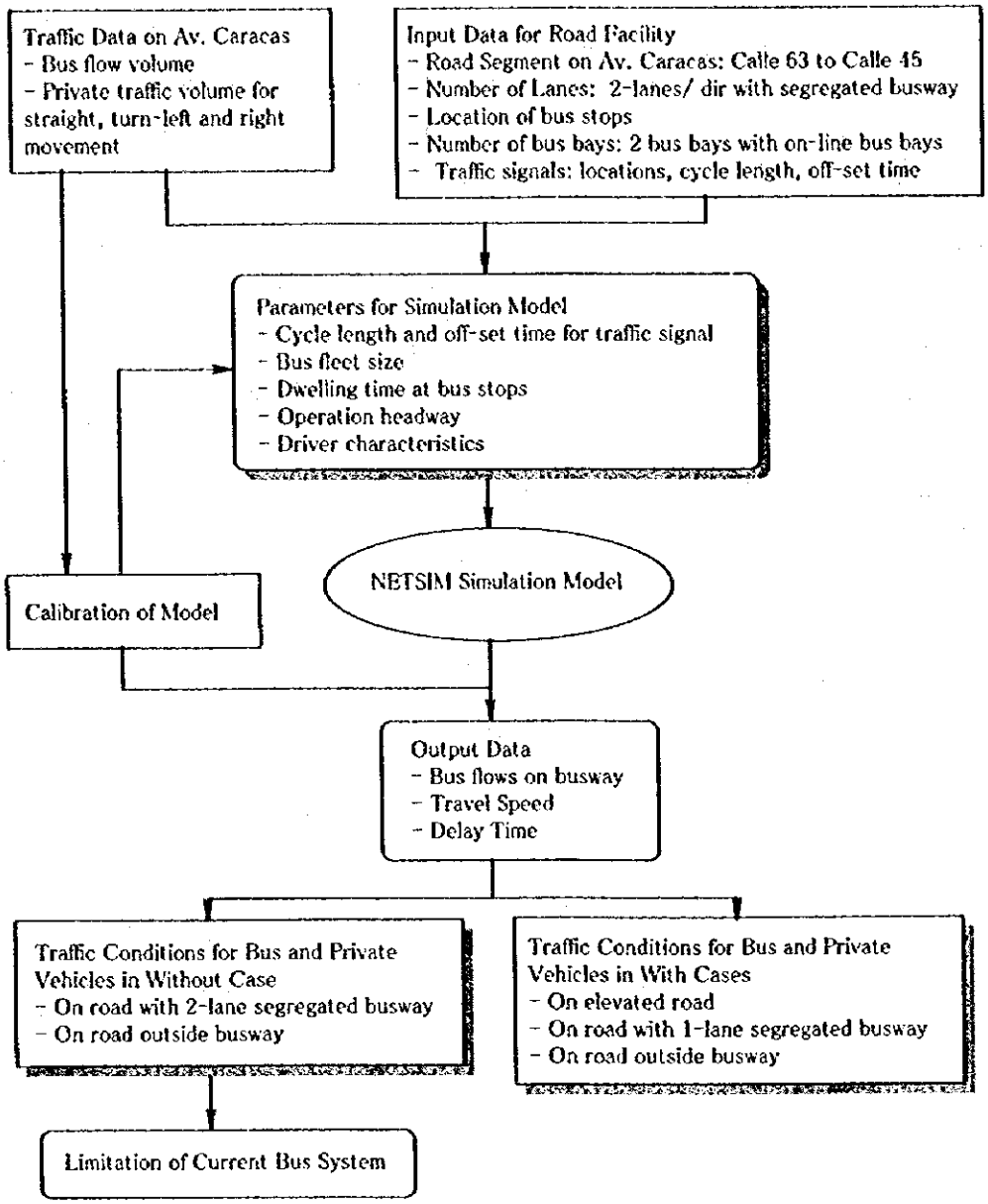

Figura 9.6-1 Estimación del flujo por la Simulación del Tránsito

9.6.3. VALIDACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE TRÁNSITO SOBRE LA AV. CARACAS

En la actualidad la troncal de la Av. Caracas opera con 2-carriles/sentido totalmente segregados. El solobus se ubica sobre el separador. La parada de bus tiene 4-grupos de 2 bahías de bus sobre el carril exterior. Las paradas de bus se ubican únicamente sobre el carril exterior de bus a pesar de tener 2-carriles solobus. Según los datos de conteo en 1998 sobre la Av. Caracas, número de buses que fluyen en la hora de pico varía desde 500 a 600 buses sobre el solobus. Si cada uno de los buses que se encuentran en el carril contiguo al separador se aproxima a las bahías de bus, mediante maniobras de virajes, estos procedimientos dificultan la operación. Partiendo de que hoy en día, algunos pasajeros abordan, en medio de la vía, los buses que se encuentran en el carril contiguo al separador, pareciese que los buses son operados con bahías de bus independientes para cada carril.

(1) Condiciones de tráfico

Las condiciones actuales de tránsito sobre la Av. Caracas se validan con la utilización de un modelo de simulación, en el cual se perfeccionan los parámetros de modelación. La Figura 9.6-2 muestra la relación entre el porcentaje del flujo de buses y la frecuencia de operación en el segmento - 1 con parada de bus y el segmento - 2 sin parada de bus. Como puede verse, en ambos segmentos, cuanto más altas son las frecuencias, mayor es la relación del flujo de buses. Por lo tanto, el flujo de buses disminuye gradualmente en la medida en que las frecuencias alcanzan ciertos valores.

En el modelo, los vehículos se desplazan en función de la lógica de seguimiento del automóvil, en respuesta a los dispositivos de control, y en respuesta a otras demandas. En lo que concierne al bus, los buses deben atender a la parada de bus; por lo tanto, sus movimientos difieren de aquellos de los vehículos privados. La congestión puede resultar en filas que se extienden a lo largo de la longitud de un nexo y bloquean el flujo transversal de la siguiente intersección, impidiendo así el flujo del tránsito.

Como en el modelo, el comportamiento de cada vehículo puede simularse de manera que refleje procesos mundialmente válidos, no importa que tan alta sea la frecuencia de servicio, la relación del flujo de bus disminuye debido a las condiciones inestables del flujo. Como puede verse en la Figura 9.6-2, la cifra más alta de la relación del flujo de bus es aproximadamente de 600 en la hora de pico. Esta cifra es el similar al actual volumen de tránsito que se presenta en la actualidad sobre la Av. Caracas. Según el análisis, con el modelo, el volumen actual de buses sobre la Av. Caracas se acerca a la densidad crítica. El sistema actual de bus está cerca de sus limitaciones.

(2) Tiempo de demora

En la Figura 9.6-3 se muestra la relación entre la frecuencia total y el tiempo de demora en ambos segmentos. En el segmento - 1 con la parada de bus, la demora se debe al tiempo de retardo en la parada del bus y el tiempo de espera en las señales de tránsito. Cuando el valor del flujo de buses, excede los 500 o más, el tiempo total de demora aumenta debido al aumento en el tiempo de espera en las intersecciones y los conflictos cerca de las paradas de bus. El tiempo total de demora en el segmento - 2 es menor que en el segmento - 1 a causa de que a lo largo del recorrido no se presenta ninguna parada de bus. Cuando se exceden los 300 en esta sección, se presentan congestiones de tránsito.

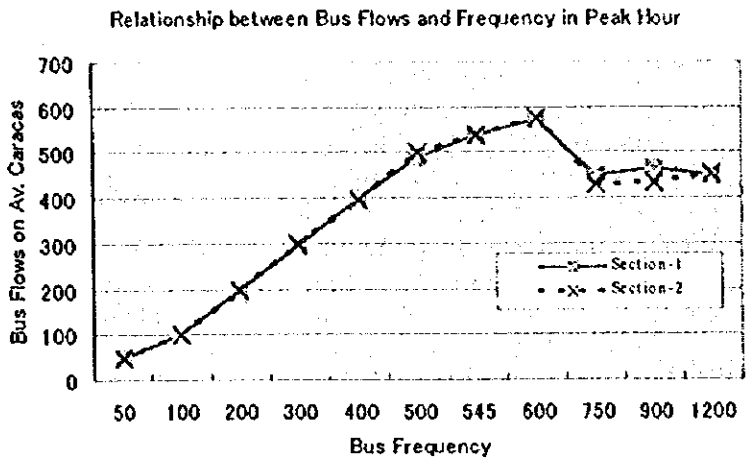

Figura 9.6-2 Relación entre la Frecuencia de Buses y Valor del flujo

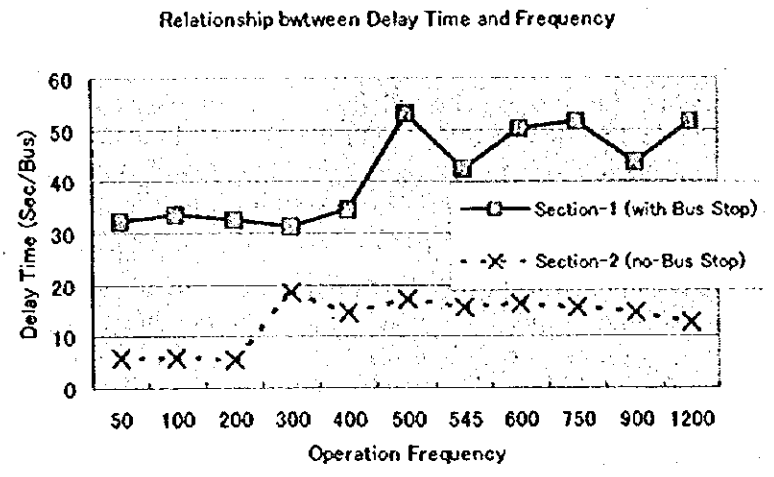

Figura 9.6-3 Relación entre la Frecuencia Total y el Tiempo de Demora

9.6.4. CONDICIONES DE TRÁFICO EN EL CASO SIN

En el caso sin proyecto, sobre la Av. Caracas, en el 2000 y el 2005, las relaciones estimadas de aumento de volumen de tránsito de bus son 1.05 y 1.10, respectivamente, según el análisis de demanda. Por lo tanto, los volúmenes en el 2000 y el 2005 se pronostican aproximadamente de 630 y 660, respectivamente. Según la Figura 9.6-2, esas cifras excederán la capacidad actual del flujo de buses sobre la Av. Caracas. Por lo tanto, será necesario introducir el sistema propuesto de troncales (ambos, el solobus y el sistema de operación).

9.6.5. CONDICIONES DE TRÁFICO SOBRE EL SISTEMA DE TRONCALES EN EL 2005

(1) En el Solobus Elevado para Buses Expresos

El sistema propuesto de bus expreso es como se indica a continuación: los buses expresos se operan sobre carriles solobus elevados, que se componen de un carril segregado de bus por sentido con carriles separados para bahías de bus, que están dimensionados para dos puestos. Sobre las calzadas solobus circulan buses articulados, sin señales de tránsito.

La Figura 9.6-4 muestra la relación entre el valor del flujo de buses expresos del solobus y la frecuencia en el solobus elevado, simulada por el modelo. La cifra más alta del porcentaje de flujo de buses, es aproximadamente de 300 en la hora de pico. Esta cifra indica el flujo máximo de buses en el sistema. En el 2005, el número estimado de buses expresos que circulan sobre el solobus elevado es de aproximadamente 150, en la hora pico. La capacidad del solobus elevado es suficiente para el flujo de buses, estimado para un período de una década a partir del 2005.

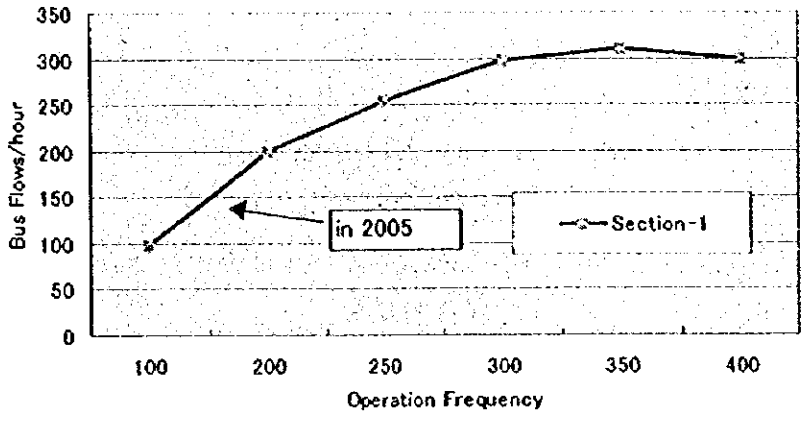

Figura 9.6-4 Relación entre el valor del flujo de buses expresos del solobus y la frecuencia en el solobus elevado.

(2) En el Solobus Troncal para Buses Troncales

El sistema propuesto de buses troncales es como se indica a continuación: los buses troncales se operan sobre solobuses segregados, totalmente a nivel, que se componen de un carril segregado de bus por sentido con bahías de bus, con dos cupos, sobre el carril. Los buses troncales corren sobre las calzadas solobus con señales de tránsito en las intersecciones.

La Figura 9.6-5 muestra la relación entre la frecuencia de las troncales y el valor del flujo sobre la troncal, según el número de casillas de bus. La cifra más alta de flujo de buses, es aproximadamente 350 en la hora de pico, con 5-6 casillas de bus. Actualmente hay 8 casillas de bus sobre la Av. Caracas. Con 4 o menos casillas de bus, la cifra más alta de flujo de buses es aproximadamente de 300.

En el 2005, la cifra estimada de flujo de buses troncales, sobre la Av. Caracas, es aproximadamente de 400 en la hora pico. Esta cifra excederá la capacidad de flujo propuesta para la troncal.

A fin de reducir la cifra del flujo de buses en la hora pico, es necesario utilizar buses articulados como bus troncal. En la simulación, el flujo de buses se simula con el uso de una variable, desde el punto de vista de una relación de composición, entre un porcentaje de buses articulados, hasta un total de buses troncales. Estas relaciones se establecen en 20%, 15% y 10%.

La Figura 9.6-6 muestra la relación entre la frecuencia de buses y el valor del flujo, según relaciones de composición de buses articulados. Las cifras de flujo de buses se relacionan con el porcentaje de composición de buses articulados. Cuanto más altas son las relaciones de composición, son menores las cifras de flujos de bus.

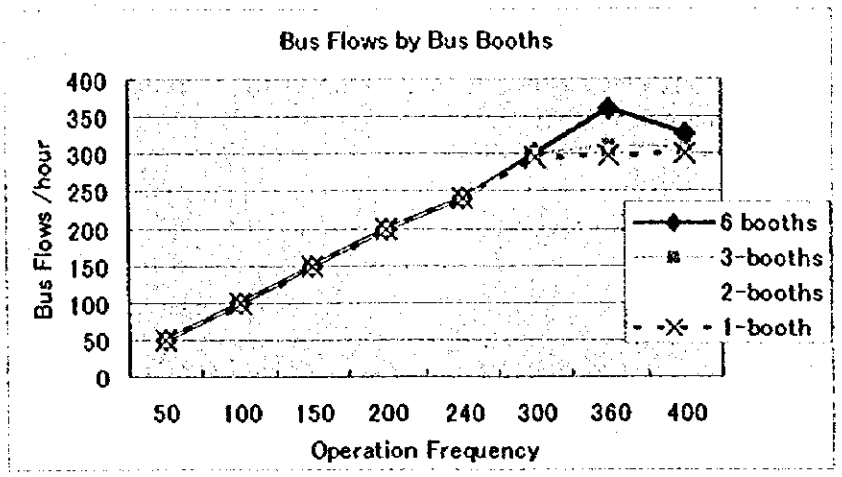

Figura 9.6-5 Relación entre la frecuencia de Buses troncales y el Valor del flujo, por el número de Casillas de Bus.

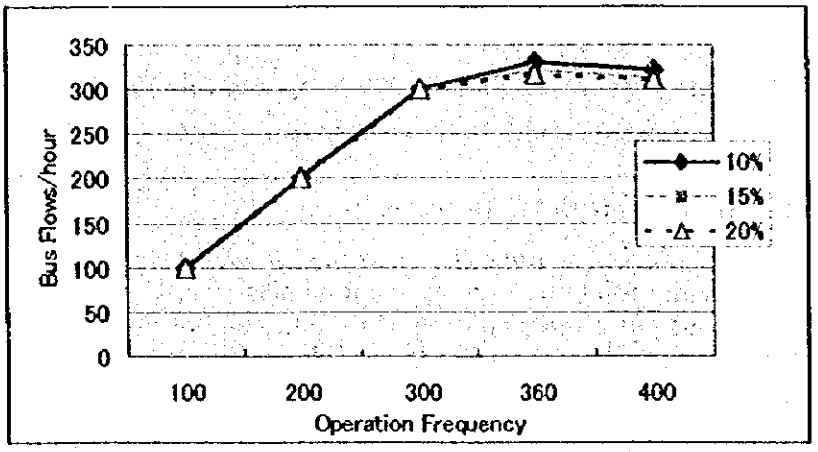

Figura 9.6-6 Flujo de buses, de acuerdo a la Composición de Buses Articulados

La Tabla 9.6-1 muestra el número máximo del flujo de buses, de acuerdo a la relación de composición de buses articulados, referida a la Figura 9.6-6. Las cifras máximas son 330 buses/hora, en el supuesto de una composición de 10%. En la consideración de la capacidad de pasajeros por el bus troncal y el bus articulado, el número máximo de pasajeros transportado sobre la troncal es de 37,800 por hora, a una relación del 20% de buses articulados.

En el análisis de demanda de la sección previa, como en el 2005, los pasajeros de bus se estiman en 34,000, será necesario mezclar los buses articulados con un 10 - 15% del total en buses troncales. Por este procedimiento, es posible operar los buses troncales sobre el solobus a nivel, totalmente segregado.

Tabla 9.6-1 Número de Buses y Pasajeros según la Composición de Buses Articulados

Composición de Buses Articulados (%)	No. de Buses	Pasajeros	Máximo número de Pasajeros sobre la Caracas
10	330	36,300	34,000
15	320	36,800	
20	315	37,800	

9.7. REESTRUCTURACION DE LAS RUTAS ACTUALES DE AUTOBUS

9.7.1. RECORTE DE RUTAS ACTUALES DE AUTOBUS

El 70% en el 2000 y el 55% en el 2005 respectivamente del total de las rutas ordinarias de autobús del sistema actual permanecen,. Los autobuses ordinarios operan sobre las rutas actuales de autobús. En el caso de que las rutas actuales de autobús estén sobre vías con el troncal de vías solobús, los autobuses ordinarios se operarían por fuera de la vía segregada de solobús o del carril troncal privativo de autobús, junto con vehículos privados. Por lo tanto, si la prioridad para la operación de autobuses ordinarios tal como los que viajan por la vías de solobús no se da, la velocidad comercial de autobús se reduce en relacion con el aumento del volumen de tránsito.

Los autobuses ordinarios, sin embargo, juegan un papel importante en el transporte público. En el 2000, solamente 4 rutas de autobús troncal se operan sobre las tres vías solobús y casi todos los pasajeros usan los autobuses ordinarios. En el 2005, en el supuesto de estar sin el autobús de servicio ordinario, la demanda pesada de pasajeros está más allá de la capacidad de las líneas troncales de solobús. Por lo tanto, a fin de reducir la demanda de pasajeros sobre las vías solobús, es indispensable suplementar las rutas de autobús ordinario para no sobreponerlas con las rutas de autobús troncal.

Aproximadamente el 30% de las rutas totales de autobús ordinario que se superponen con la troncal de vías solobús se cortan en el 2000 a fin de desviarlas de los autobuses troncales. En el 2005, consecuentemente aproximadamente el 45% de las rutas ordinarias serán cortadas.

Los criterios para cortar rutas de autobús ordinario son como se indica a continuación:

1) En el 2000, las rutas de autobús ordinario que ocupan una longitud de ruta de 2.5 km o más con vías solobús sobre la Av. Caracas y la Calle 80, se cortan.

2) En el 2005, las rutas ordinarias con una longitud sobrepuesta de 4.5km o más con la Av. Caracas y 9.0km o más con las otras vías solobús se cortan. El criterio de longitud sobrepuesta sobre la Av. Caracas es más corto que en otras vías. Debido a que muchas rutas de autobús se concentran en la Av. Caracas, es necesario cortar muchas rutas ordinarias de autobús sobrepuestas en la Av. Caracas.

Es necesario reestructurar las rutas ordinarias descontinuadas de autobús. Por otra parte, si la relación de ruta ordinaria que permanece sobrepuesta con la troncal de vías solobús es baja, los autobuses ordinarios se mantienen como un servicio suplementario de autobús de troncal.

9.7.2. LA REESTRUCTURACION DE LAS RUTAS ORDINARIAS DE AUTOBUS QUE SE INTERRUMPEN

Varias rutas ordinarias que se interrumpieron necesitan una reestructuración, relacionada con esas configuraciones de ruta. Los procedimientos de reestructuración de rutas se muestran como se indica a continuación:

1) Una ruta larga se divide en dos o más rutas.
2) Una ruta tortuosa se corta o divide en dos o más rutas.
3) Las rutas Ordinarias de autobús deberían conectar con la ruta troncal de autobús o con las estaciones del ferrocarril principal SITM, si los autobuses ordinarios funcionan como un servicio suplementario de autobús troncal.
4) Una sección de la ruta ordinaria de autobús sobrepuesta con la troncal de vías de solobús se debería reemplazar planificando una ruta que cruce la troncal de vías solobús.

9.8. RESUMEN DEL SISTEMA DE OPERACION DE AUTOBUSES TRONCALES

La Tabla 9.8-1 brevemente resume lo principal del sistema de autobús de troncal en el 2000 y 2005, respectivamente, que incluye rutas, equipos de autobús, y el sistema de autobús para ser aplicado en las vías de solobús. Las Tabla 9.8-2 y Tabla 9.8-3 también resumen el sistema de operación de autobuses para ser aplicado en vías de solobús.

Tabla 9.8-1 Resumen de Sistema de Operación de Autobús

Políticas	Contenidos del sistema de buses	Anotaciones
(1) Operación del sistema de buses en el 2000 **1.Vías solobús en el sistema troncal**	4 vías solobús en el norte, Av. Caracas, Cll. 80 y corredor férreo del Sur	
2.Número de rutas troncales de solobús	4 Rutas troncales	
3. Tipos de operación de bus	Buses expresos, buses troncales y buses ordinarios	
4.Número de rutas de buses descontinuadas	Objetivo: 30% del total de las rutas ordinarias	Teniendo en cuenta el descarte de buses viejos
(2) Operación del sistema de buses en el 2005 **1.Vías solobús en el sistema troncal**	11 vías solobús en vías principales	
2.Número de rutas troncales de solobús	32 rutas troncales	
3. Tipos de operación de bus	Buses expresos, buses troncales y buses ordinarios	
4.Número de rutas de buses descontinuadas	Objetivo: 45% del total de las rutas ordinarias	Teniendo en cuenta el descarte de buses viejos
(3) Capacidad de Buses	Buses expresos (200 pasajeros) buses troncales (100 pasajeros) y buses ordinarios (20-40 pasajeros)	
(4) Capacidad de Vía 1. Capacidad Programada	Bus Expreso: 16.000pasajeros/línea/hora/sentido.	Lapso de 45 seg
	Bus troncal: 8.000 pas/línea/hora/sentido.	
2.Criterio de sistema de vías troncales	12.000-20.000 pas/hora/dir. Para la introducción de un sistema de buses expresos	
	12.000 o menos para sistema troncal de buses en vía de 2 carriles	
	6.000 o menos para sistema troncal de buses en vía de 1 carril	
3. Política de planeamiento para vías solobús de 30.000 o más	* Proponer vías troncales adicionales	
	* Proponer plan urgente de ferrovías	
(5) Equipos de buses **1.Espacio de parada de bus**		
	Una distancia de 1.5 kmts para buses expresos	
	Una distancia de 500-600 mts parabuses troncales	
2.Instalaciones de Buses	Parada de bus	
	Instalación de giro en "U"	En el 2.000
	Terminales suburbanas de buses cerca de areas perféricas de Bogotá	
	Terminal central de buses	En el 2.005

Tabla 9.8-2 Sistema de Autobús para ser aplicado por cada vía de solobús en 2000

Vías	Pasajeros de Bus troncal/hora en cada vía	Plan y No. de carriles/dir	Anotaciones
Autopista norte	11.000	Vía troncal de 1 carril/dir. Y 1 carril de vía expresa solobús/sentido	DVE: 100 mts
Caracas al Sur	20.000	Vía troncal de 1 carril /dir y 1 carril de vía expresa solobús/sentido	DVE: 40 mts
Caracas central	30.000	Vía troncal de 1 carril /dir y 1 carril de vía expresa solobús/sentido	DVE: 40 mts
Calle 80	24.000	Vía troncal de 1 carril /dir y 1 carril de vía expresa solobús/sentido	En construcción trocal de 2 carriles/sentido de solobús
Ferreo del Sur	19.000	Vía troncal de 2 carriles	

Tabla 9.8-3 Sistema de Autobús para ser aplicado por Cada Vía de solobús en 2005

Vías	Pasajeros de Bus troncal/hora en cada vía	Plan y No. de carriles/dir	Anotaciones
Cra. 7a	21.000	Vía troncal 1 carril/sentido	DVE: 30 mts. (Dificultad de ampliación)
Cra. 10	19.000	Via Troncal 2 carriles/sentido	Dificultad de ensanche
Caracas al Sur	19.000	Troncal y vía expresa (1 carril/sentido cada uno)	DVE: 40 mts
Caracas central	33.000	Troncal y vía expresa (1 carril/sentido cada uno)	DVE: 40 mts
Autopista Norte	21.000	Troncal y vía expresa (1 carril/sentido cada uno)	DVE: 100 mts
Av. Quito	20.000	Vía troncal 1 carril/sentido	DVE: 60 mts
Autopista Sur	27.000	Troncal y vía expresa (1 carril/sentido cada uno)	Posibilidad de ensanche
Calle 80	46.000	Troncal y vía expresa (1 carril/sentido cada uno)	Se propone completar proyecto SITM de ferrovías hasta 2.005
Cra.68	17.000	Vía troncal 1 carril/sentido	DVE: 40 mts
Av. Suba	13.000	Vía troncal 1 carril/sentido y 1 carril troncal solobús en otra vía de buses	Dificultad de ensanche
Calle 170	12.000	Vía troncal 1 carril/sentido	Posibilidad de ensanche