

CAPACIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN AUTOBUSES INTERURBANOS Y SUBURBANOS

**Instituto Mexicano del Transporte
Secretaría de Comunicaciones y Transportes**

**Publicación Técnica No. 15
Querétaro, Qro. 1992**

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

**Capacidad del transporte público en
autobuses interurbanos y suburbanos**

Publicación Técnica No. 15
Querétaro Qro.
1992

Los sistemas de transporte para ser empleados adecuadamente, deben satisfacer la demanda existente y futura en las mejores condiciones de operación y nivel de servicio posibles; para ello es necesario determinar tanto la demanda como la oferta, ya que sin el conocimiento de alguna de las dos partes, no se podrá garantizar un servicio de transporte adecuado a los requerimientos de la población.

El presente trabajo se enfoca a la parte de la oferta, y plantea un procedimiento sencillo para calcular la capacidad del transporte público en autobuses interurbanos y suburbanos, de manera que sea rápida su aplicación a nivel regional y nacional.

Los autores, Sergio Alberto Damián Hernández y Pascual Romo de Vivar Ubaldo, desean agradecer el apoyo de los alumnos de la Maestría en Ingeniería del Transporte de la Universidad Autónoma del Estado de México, para la realización del estudio de campo que sirvió de base para exemplificar el procedimiento.

CAPACIDAD DEL TRANSPORTE PUBLICO EN AUTOBUSES

INTERURBANOS Y SUBURBANOS

INDICE

Introducción	1
I.- Marco de Referencia	3
II.- Capacidad del Transporte Interurbano	10
III.- Capacidad del Transporte Suburbano	13
IV.- Procedimiento de Cálculo	16
Conclusiones y Recomendaciones	39
Apéndices	40
Terminología	60
Bibliografía	61

INTRODUCCION

Las soluciones de los problemas del transporte deben ser enfocadas al transporte público terrestre (autobuses) principalmente, ya que por este sistema se moviliza el mayor número de pasajeros, en mayor proporción en las grandes urbes, con un efecto importante en el transporte que se genera en las periferias de las mismas y en un contexto más amplio, en el establecido entre dos o más poblaciones. Dicho transporte es realizado por más de un sistema de transporte público, sin embargo, el efectuado a través de autobuses destaca de los demás, ya que es el de uso más común a nivel nacional.

En nuestro país se carece de la información necesaria que permita establecer procedimientos propios, claros y metodológicos, para obtener capacidades viales y de transportes; a nivel mundial pocos han sido los estudios realizados que sean aplicables a las condiciones prevalecientes en México; sin embargo, bajo esas condiciones se han importado, cálculos y metodologías que han sido aplicados en las soluciones parciales de los grandes problemas viales y de transporte que enfrenta México. Las soluciones obtenidas no han dejado de ser "reproducciones" de condiciones establecidas en los países desarrollados.

El presente trabajo alienta contribuir al establecimiento de normas propias que permitan formular una metodología para el cálculo de la capacidad de transporte público por autobús.

El servicio de transporte por autobús tiene como principal ventaja la flexibilidad que como modo de transporte representa, la cual le permite ajustarse a las diversas configuraciones viales que existen en la ciudad o en las carreteras y autopistas. Se ajusta también a las variaciones de la demanda, tanto en cantidad por asignación de autobuses como en calidad a través del nivel de servicio.

La capacidad de este tipo de servicio comprende dos secciones simultáneas, la primera se refiere a las unidades que pueden circular bajo condiciones de operación existentes y la segunda al número de pasajeros movilizados por el sistema.

Para resolver este problema se debe analizar, bajo las condiciones de servicio actuales, cuales son las máximas expectativas de operación para elegir las acciones tendientes a optimizar el funcionamiento del sistema.

Deben conocerse las características que distinguen al transporte público suburbano del interurbano; estos dos representan los ámbitos donde se desarrolla el servicio de transporte por autobús. El transporte suburbano es el que se establece entre las ciudades y sus poblaciones vecinas localizadas dentro de un contexto regional, con características operacionales similares a las del transporte netamente urbano. Para su operación debe considerarse la influencia de terminales, paradas intermedias, vías, intersecciones semaforizadas y frecuencias de servicio.

El transporte interurbano enlaza dos o más ciudades con el servicio de transporte público por autobús; la principal causa del conflicto se encuentra en las terminales, la influir en la frecuencia

de salida de los autobuses el movimiento de pasajeros dentro de ésta. Las vías afectan la operación del servicio en tramos congestionados. En los servicios de primera no se efectúan paradas intermedias; en el servicio de transporte interurbano de segunda clase se limitan éstas a un máximo de cinco tanto a la salida de una ciudad como a la llegada a otra.

Bajo este contexto, el trabajo se divide por tipo de servicio y se toman en cuenta cada una de las restricciones antes citadas.

El presente trabajo consta de cinco capítulos además de una serie de Apéndices y referencias. La terminología utilizada se basa en la del Manual de Capacidad Vial de 1985 elaborado por Transportation Research Board, que es la publicación más conocida a nivel mundial sobre el tema de capacidad.

En el capítulo I "Marco de Referencia", se hace un análisis de la capacidad de transporte, su definición los factores básicos que influyen y las ecuaciones generales para su cálculo.

En los capítulos II y III "Capacidad del Transporte Interurbano" y "Capacidad del Transporte Suburbano" respectivamente, se analiza la operación de cada servicio, se establecen las ecuaciones para el cálculo de capacidades de cada servicio y se describen las expresiones que contemplan cada una de las actividades de la operación del sistema.

En el capítulo IV "Procedimiento de Cálculo", se establece el método general y se presenta un ejemplo para el cálculo de una ruta de autobuses que presta el servicio suburbano. Por último, en el capítulo V "Conclusiones y Recomendaciones" se presenta un análisis de los capítulos anteriores, estableciendo las conclusiones a las que se llegó en el Procedimiento de Cálculo y las recomendaciones necesarias para su correcta aplicación en una ruta de autobuses.

I. MARCO DE REFERENCIA

1.1 DEFINICION DE CAPACIDAD DE TRANSPORTE

El concepto de Capacidad de Transporte debe ser definido en forma clara y precisa. A continuación se mencionan las definiciones que diversos autores hacen sobre Capacidad de Transporte:

- A).- "Es la cantidad máxima de usuarios que pueden ser atendidos por unidad de tiempo". (Islas, 1983, p.28).
- B).- "Es el máximo número de unidades que en una línea pueden ser transportados, pasando por un punto fijo, durante una hora, bajo un conjunto de condiciones dadas" (Vuchic, 1981, p. 522).
- C).- "Es el máximo número de viajeros que pueden ser transportados en un período de tiempo dado bajo condiciones de circulación específicas y con demora, peligro, restricción y regularidad razonables". (TRB, 1985, p. 12-4).
- D).- "Es el número de viajeros que una línea de transporte puede servir en un período determinado de tiempo". (Valero, 1970, p. 265).
- E).- "Es el número máximo de personas que vehículos de transporte pueden llevar pasando por un punto a lo largo de la línea". (Gray/Hoel, 1979, p.77).

De las cinco definiciones anteriores, podemos concluir que la Capacidad de Transporte es "el máximo número de pasajeros que pueden ser trasladados por una línea durante un período de tiempo, bajo condiciones de operación, seguridad, funcionalidad y velocidad razonables".

Esta definición difiere de la referente a la Capacidad Vial, porque no solo contempla el número máximo de vehículos que atraviesan un tramo uniforme durante un período de tiempo, sino que va más allá, resultando menos precisa pero más completa, ya que es referida tanto al número de pasajeros que son movilizados por un sistema de transportes, como a la cantidad de unidades de transporte público que circulando bajo condiciones específicas de operación los trasladan.

Estas condiciones de operación, seguridad, funcionalidad y velocidad razonables deben de ser establecidas por las autoridades responsables del funcionamiento del sistema de transporte público por autobuses.

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la responsable de fijar las condiciones de operación del transporte público a nivel federal y es la Dirección General de Transporte Terrestre el conducto para vigilar y hacer cumplir estas disposiciones.

En el caso del transporte suburbano, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes concede exclusivamente permisos de paso y permisos de reducida importancia, pero sin ejercer ningún

tipo de normatividad en la prestación del servicio, siendo las Direcciones de Transporte de cada Estado, Ciudad o Municipio, las encargadas de controlar la operación.

Son estas las dependencias oficiales encargadas de poder cuantificar la capacidad ofertada por los distintos prestadores del servicio.

1.2 FACTORES Y ELEMENTOS BASICOS QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE POR AUTOBUS.

La capacidad de transporte de una línea, sea cual sea el servicio que preste, es función de cuatro grandes factores, los cuales determinan la capacidad máxima de pasajeros a movilizar por línea de autobuses. Estos factores dependen de un grupo de elementos básicos (ver fig. 1).

Algunos de estos factores dependen de la propia línea de autobuses, como el tipo de autobús, el tipo de servicio, la capacidad de pasajeros, el tipo de ruta, etc.

Otro tipo de factores dependen de la propia línea de autobuses, como el tipo de servicio, el tipo de ruta, etc.

Algunos de estos factores dependen de la propia línea de autobuses, como el tipo de servicio, el tipo de ruta, etc.

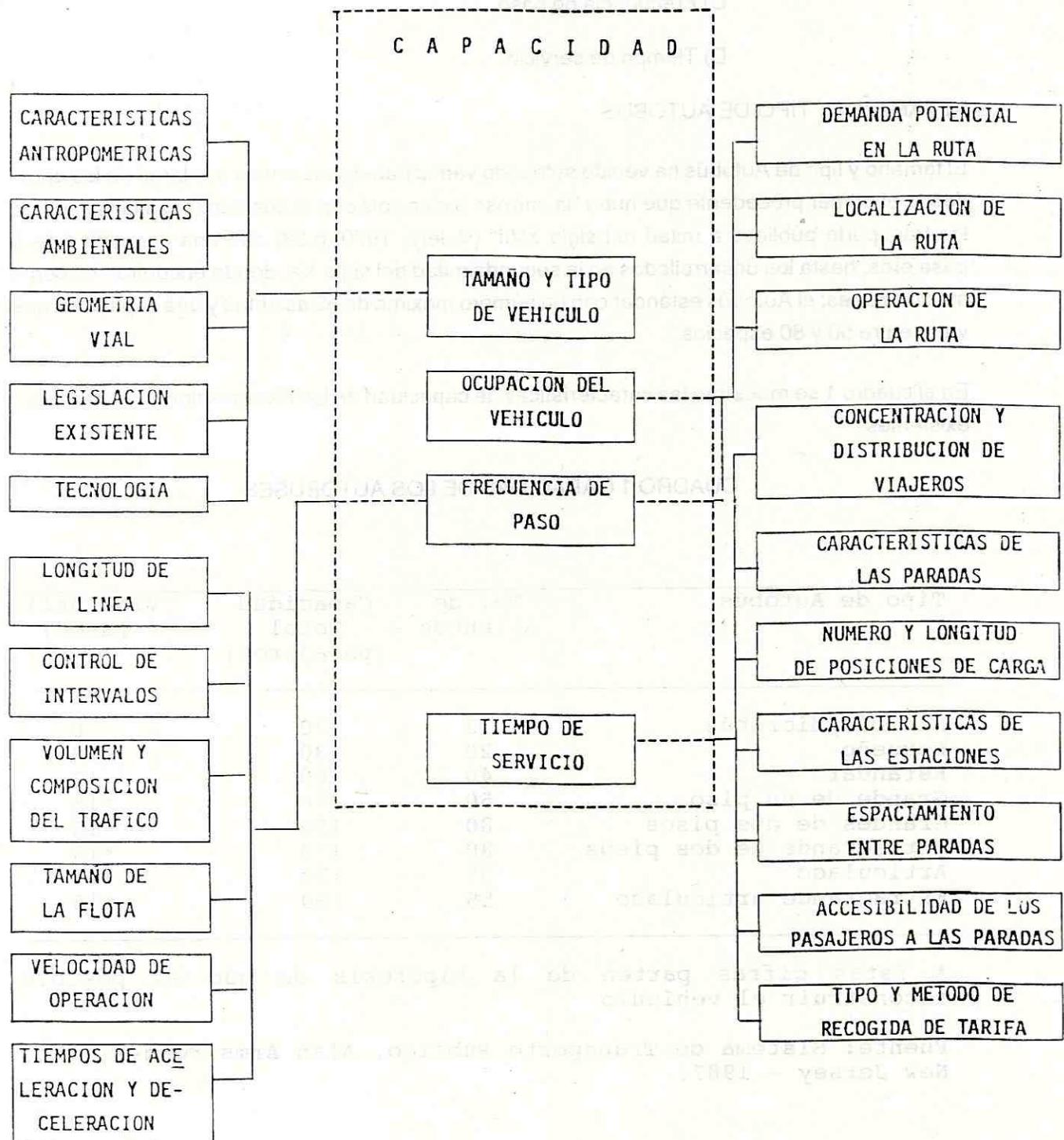
Algunos de estos factores dependen de la propia línea de autobuses, como el tipo de servicio, el tipo de ruta, etc.

Algunos de estos factores dependen de la propia línea de autobuses, como el tipo de servicio, el tipo de ruta, etc.

Algunos de estos factores dependen de la propia línea de autobuses, como el tipo de servicio, el tipo de ruta, etc.

Algunos de estos factores dependen de la propia línea de autobuses, como el tipo de servicio, el tipo de ruta, etc.

FIGURA 1 ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE POR AUTOBUS Y SU RELACION CON EL MEDIO AMBIENTE



Los cuatro factores son:

- A) Tamaño y tipo de Autobús.
- B) Ocupación del Autobús.
- C) Frecuencia de paso.
- D) Tiempo de servicio.

A) TAMAÑO Y TIPO DE AUTOBUS

El tamaño y tipo de Autobús ha venido sufriendo varias transformaciones a lo largo de los años, desde el primer precedente que hubo "la carroza a cinc sols con la que comienza la historia de los transporte públicos a mitad del siglo XVII" (Valero, 1970, p.23) con una capacidad de 6 pasajeros, hasta los desarrollados en la segunda mitad del siglo XX, donde encontramos como más comunes: el Autobús estándar con un número máximo de 53 asientos y una capacidad que varía entre 50 y 80 espacios.

En el cuadro 1 se muestran las características de capacidad de los diversos tipos de autobuses existentes.

CUADRO 1 CAPACIDAD DE LOS AUTOBUSES

Tipo de Autobús	No. de Asientos	Capacidad Total (pasajeros)	Vida útil (años)
Minibús/Micروبús	12	20	8
Pequeño	20	30	10
Estándar	40	80	12
Grande de un piso	50	100	*15
Grandes de dos pisos	80	120	*15
Extragrande de dos pisos	80	170	*15
Articulado	55	120	*15
Extragrande articulado	55	190	*15

* Estas cifras parten de la hipótesis de que es posible reconstruir el vehículo

Fuente: Sistema de Transporte Público, Alan Armstrong-Wright, New Jersey - 1987.

En México el autobús que por tradición ha brindado el servicio es el standar, que se tomará como base en el ejemplo de aplicación del Procedimiento de Cálculo, teniendo en consideración las variantes que existen de autobús standar en nuestro país.

B) OCUPACION DEL AUTOBUS

Es un factor que influye directamente en la Capacidad del Sistema, es medido en Pasajeros/Autobús que "es el número máximo de pasajeros que físicamente pueden acomodarse en un vehículo de transporte colectivo" (TRB, 1985, p.12-5).

El sistema de transporte por Autobús resulta ser también el más económico y el modo ideal para rutas de transporte de viajes ligeros a moderados, ya que como característica impone, "el Autobús representa una capacidad limitada de unidad de transporte con capacidad de 15 a 60 espacios" (Vuchic, 1981, p. 193).

Es importante señalar que la ocupación del vehículo estará definida por la demanda potencial de la ruta y su operación en sí, estableciendo fluctuaciones en la demanda y consecuentemente en la ocupación de las unidades.

C) FRECUENCIA DE PASO

La frecuencia de paso es un factor directamente proporcional a la capacidad de transporte por autobús; así, la mayor frecuencia de vehículos individuales (autobuses) determinará la capacidad máxima de pasajeros. Es medida en número de unidades de transporte que "salen" o "pasan" en una hora; de manera inversa un factor asociado a la frecuencia es el intervalo entre autobuses.

La frecuencia de servicio (f) es un elemento del sistema funcional dentro de un sistema de transporte, así que una mayor frecuencia de servicio representará un menor intervalo y este será determinado por:

- a) La capacidad que tiene que ser prevista para atender la demanda de pasajeros (base para realizar la programación en horas de máxima demanda).
- b) La frecuencia mínima que debe ofrecer el servicio, la cual se calcula en base al volumen de pasajeros en la sección de máxima demanda, al número promedio de pasajeros asignados a cada vehículo a través de la línea y al factor de carga que relaciona el número de pasajeros por capacidad de vehículo. (Vuchic, 1978, p.5-18).

Deberá conocerse también el intervalo mínimo entre autobuses en una parada, el cual se compone de:

- a) Tiempo de parada en servicio a pasajeros; depende de la demanda de acceso y/o salida.
- b) Tiempo de despeje entre autobuses consecutivos; que depende de la flota disponible.

Por último, debe insistirse que los intervalos mínimos aumentarán la capacidad de transporte y estos se verán influenciados directamente por la velocidad y el número de vehículos en operación y por la longitud de la línea de transporte.

D) TIEMPO DE SERVICIO

Es un factor que representa el tiempo necesario para que un pasajero ascienda o descienda del autobús, es medido en segundos; estos tiempos de servicio se miden en las paradas o estaciones de los autobuses, que son las zonas críticas en la valuación de la capacidad de la línea. Los tiempos de servicio en paradas pueden ser o no significativos, dependiendo del tipo de servicio (primera o segunda) que se presta a lo largo de la línea de transporte. Entre los principales elementos que influyen en el tiempo de servicio, la mayoría queda contenida dentro de las características de las paradas y de la disponibilidad y accesos de abordar de los pasajeros; sin embargo, resulta claro entender que "los tiempos de servicio disminuyen en la medida que aumentan los canales de accesos disponibles para los pasajeros" (TRB, 1985, p.12-12).

1.3 ECUACIONES GENERALES PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE.

De manera general la capacidad es medida en vehículos/hora/sentido (C_V) o en pasajeros/hora/sentido (C_p), con las variaciones de utilizar carril en lugar de sentido, dependiendo de si se dispone de más de un carril para la prestación del servicio de transporte público por autobuses.

Las ecuaciones generales para calcular la capacidad son dos: la primera es para el número de unidades y la segunda para el número de personas.

$$C_V = \frac{3600}{h} = \frac{3600}{D + t_c} \quad (1)$$

$$C_p = n \cdot S \cdot C_V = \frac{3600 \cdot n \cdot S}{D + t_c} \quad (2)$$

Donde:

C_V = Vehículos/hora/carril o parada (el máximo);

C_p = Pasajeros/hora/carril o parada (el máximo);

h = Intervalo entre dos unidades consecutivas en segundos;

t_c = Tiempo de despeje entre dos unidades consecutivas en segundos;

D = Tiempo de parada en servicio a pasajeros, en segundos;

S = Número de pasajeros por vehículo; y

n = Número de vehículos por unidad (en autobuses $n=1$).

Estas fórmulas, son generales y no toman en cuenta las zonas críticas de las líneas, pero son una primera aproximación para determinar la capacidad.

Desde el punto de vista de capacidad las expresiones anteriores se pueden definir como la capacidad ideal que puede proporcionar una ruta.

La capacidad debe calcularse por ruta, que que las condiciones de operación varían de una ruta a otra, de tal forma que la suma de las capacidades de las rutas que forman la línea es la capacidad del sistema.

El tiempo de despegue (t_c), entre dos unidades consecutivas, debe de computarse como el tiempo transcurrido desde que una unidad cierra sus puertas hasta que la siguiente las abre.

El tiempo de parada en servicio a pasajeros (D), es el tiempo que permanece detenido el vehículo de transporte público motivado por el ascenso y/o descenso de pasajeros, se mide desde que abre sus puertas hasta que las cierra.

II. CAPACIDAD EN EL TRANSPORTE INTERURBANO

Este capítulo se divide en dos partes, la primera estudia al transporte interurbano de primera clase y la segunda lo realiza con el transporte interurbano de segunda clase.

El motivo de esta separación se debe a que aunque ambos servicios son interurbanos, la operación varía entre ellos, mientras que en los autobuses de primera solo hacen detenciones para ascenso y/o descenso de pasajeros en las terminales, en los de segunda además de en las terminales realizan paradas dentro del trayecto, que si bien son esporádicas, disminuyen su capacidad de transportación.

2.1 CAPACIDAD DEL TRANSPORTE INTERURBANO DE PRIMERA CLASE

La capacidad de este servicio se basa en el cumplimiento de los horarios establecidos para cada una de las corridas.

La vía no tiene influencia en la capacidad de transportación, ya que utiliza carreteras en la mayor parte de su recorrido, que aunque tienen una capacidad limitada en cuanto al número de vehículos que pueden circular, la mayor parte de las carreteras nacionales no han llegado aún a su saturación.

El área urbana que tiene que recorrer un autobús lo realiza como un vehículo particular, con las interrupciones de circulación propias de cada ciudad debidas a intersecciones, congestionamiento y peatones, fundamentalmente.

Este tipo de incidentes de circulación afectan al sistema de una manera proporcional, y las soluciones en esta zona geográfica no dependen de la autoridad encargada de la normatividad y operación de este tipo de servicio, por lo que la capacidad de la ruta no puede enfocarse considerando cada uno de los factores que intervienen en el tránsito local.

Los incidentes son considerados de manera global, dentro de un factor de ajuste de la capacidad, por tiempo perdido debido a dichas interferencias.

Bajo este esquema, el cálculo de la capacidad para el transporte interurbano de pasajeros de primera clase, se puede determinar con las fórmulas siguientes:

$$C_V = \frac{3600 \cdot R}{h} = \frac{3600 \cdot R}{D + tc} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$C_P = n \cdot S \cdot C_V = \frac{3600 \cdot R \cdot n \cdot S}{D + tc} \quad \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

R = Factor de ajuste debido a las fluctuaciones entre las llegadas y salidas de la terminal, así como del tiempo de ascenso y/o descenso de los pasajeros.

Estas dos últimas fórmulas son muy semejantes a las anteriores (1 y 2), solamente se incluye el factor de ajuste R: la manera de calcular este factor de ajuste se describe en el apéndice A de este trabajo.

Se puede concluir que la capacidad del transporte depende, en este caso, de la flota vehicular con que se cuente y de las frecuencias establecidas. La capacidad llega a su máximo cuando se cumple cualquiera de estas condiciones:

- a) Que la vialidad se sature, llegando al Nivel de Servicio "E", indica que aumentar el número de vehículos produce un tiempo mayor de recorrido originado por las demoras, provocando que en un mismo intervalo se movilice una menor cantidad de vehículos.
- b) Que las frecuencias sean tan elevadas, que el movimiento de pasajeros no se pueda incrementar, por el tiempo consumido en el ascenso y/o descenso de los mismos.

Conociendo el factor de reducción por fluctuaciones, el cálculo de la capacidad del transporte público en este tipo de servicio es sencillo, dependiendo del tiempo que permanece el vehículo en un cajón de la terminal.

La medición del intervalo entre autobuses debe de efectuarse por cajón, de tal manera que si una ruta tiene asignado más de uno, la capacidad será la suma de las capacidades calculadas para cada cajón.

La capacidad se calcula por cajón utilizado para una misma ruta, en caso de que un mismo cajón albergue distintas rutas, para la capacidad máxima se tomará el intervalo como el tiempo entre dos autobuses que sirvan a la misma ruta.

2.2 CAPACIDAD DEL TRANSPORTE INTERURBANO DE SEGUNDA CLASE.

El transporte interurbano de segunda clase, operativamente, es una combinación del interurbano de primera clase y del suburbano, ya que en su recorrido dentro del área urbana y fuera de ella, realiza paradas para el ascenso y/o descenso de pasajeros.

El autobús dentro de la zona urbana efectúa dos tipos de detenciones, la primera se refiere a la salida de la ciudad, donde hace paradas para el ascenso de pasajeros, la segunda es cuando llega a la ciudad con paradas para el descenso.

Por otro lado, en el recorrido interurbano en algunos casos lleva a cabo el servicio como si fuera suburbano, con paradas intermedias, fuera de las terminales de paso, si existe demanda.

La capacidad se ve afectada por el número de paradas, pero siempre será inferior que la del servicio de primera en igualdad de frecuencias.

En altas frecuencias, la capacidad se reducirá por las paradas, por ello debe conocerse en qué lugares se realizan y el movimiento de pasajeros que ascienden y descienden en cada una de ellas, para medir el tiempo que se ocupa por parada e incluirlo en el cálculo de la capacidad de la línea.

La capacidad varía a lo largo del recorrido de una ruta, por ser está función de los tiempos consumidos en cada parada.

Debe identificarse cada parada, con su duración, así como el o los períodos de máxima demanda durante el día.

La capacidad máxima es la menor de las capacidades (C_V y C_P) calculadas para cada tramo recorrido, ya que la parada se convierte en el punto crítico de la capacidad.

La capacidad se calcula con las expresiones siguientes:

$$C_V = \frac{3600 \cdot R}{h'} = \frac{3600 \cdot R}{D' + t_c} \quad (5)$$

$$C_P = n \cdot S \cdot C_V = \frac{3600 \cdot n \cdot S \cdot R}{D' + t_c} \quad (6)$$

Donde:

C_V = Capacidad por vehículos, en veh/h/sentido.

C_P = Capacidad por pasajeros, en pas/h/sentido.

h' = Intervalo mínimo en la parada, en seg.

D' = Tiempo de parada en servicio a pasajeros en seg.

t_c = Tiempo de despeje entre dos unidades consecutivas en seg.

S = Número de pasajeros por vehículo.

El tiempo de parada en servicio a pasajeros (D') puede dividirse en tres casos:

- Ascenso únicamente, donde se contabilizará el tiempo que transcurre desde que se abre(n) la(s) puerta(s) del autobús para que inician a subir los pasajeros, hasta que se cierra(n).
- Descenso únicamente, donde se medirá el tiempo que se utiliza desde que se abre(n) la(s) puerta(s) del autobús para que bajen los pasajeros, hasta que se cierra(n).
- Ascenso y descenso, donde se contabilizará el tiempo que se utiliza desde que se abre(n) las(s) puerta(s) del autobús para el movimiento de pasajeros, hasta que se cierra(n).

El tiempo de parada en servicio a pasajeros (D') puede llegar a ser significativo en este tipo de servicio ya que el operador de la unidad realiza las funciones de cobrador y las tarifas que se pagan varían en razón directa a la distancia del viaje, por lo que el tiempo que permanece detenida la unidad es mayor que en cualquier otro tipo de servicio.

III. CAPACIDAD DEL TRANSPORTE SUBURBANO

Como se mencionó el servicio de transporte suburbano, tiene características propias que hacen que su análisis sea diferente a los anteriores.

Dependiendo de la demanda, este tipo de servicio puede ser tan o más frecuente que el servicio urbano por autobuses; al utilizar las mismas paradas de servicio netamente urbano durante el recorrido dentro de esta área y suburbano saliendo de la misma.

Por esto en su análisis deben tenerse en cuenta las características propias del servicio urbano, y las del suburbano. Como son las terminales, las paradas, los semáforos y las interferencias del resto del tránsito.

La influencia de terminales y paradas fue analizada en los apartados de transporte interurbano de primera y segunda clase, faltando la debida a semáforos y las pérdidas de tiempo causadas por el resto del tránsito.

Se incluyen los semáforos por que las paradas efectuadas, como se ha dicho, son las mismas del servicio urbano y normalmente se encuentran ubicadas antes de la intersección semafORIZADA, por lo que es importante calcular tanto el número de vehículos como de pasajeros que pasan por una sección en circulación discontinua.

Estas capacidades pueden calcularse por ciclo/carril o por hora/carril; las ecuaciones de la capacidad por ciclo/carril son:

$$C_V = \frac{g}{D(g/C) + t_c} \quad (7)$$

$$C_P = n S CV = \frac{n S g}{D(g/C) + t_c} \quad (8)$$

Donde:

g = Tiempo de verde efectivo en un ciclo, en seg.

C = Tiempo total del ciclo, en seg.

Las ecuaciones de la capacidad por hora/carril son:

$$C_V = \frac{3600 R (g/C)}{D(g/C) + t_c} \quad (9)$$

$$C_P = n S CV = \frac{3600 n S R (g/C)}{D(g/C) + t_c} \quad (10)$$

Las pérdidas de tiempo se originan por la formación de colas en el carril de circulación, producidas por las paradas de los autobuses para el servicio a pasajeros, este tiempo es un reductor de la capacidad.

Cuando los autobuses efectúan su parada dentro del carril de circulación, la pérdida de tiempo engloba el tiempo de parada de servicio a pasajeros, más una pérdida de tiempo adicional por la deceleración y aceleración y los efectos asociados a la formación de colas sobre el resto de la circulación.

La pérdida de tiempo en el carril por el que circula el autobús, se puede calcular mediante la ecuación:

$$T_I = (g/C) N (D + L) \quad \text{-----(11)}$$

Donde:

T_I = Pérdida de tiempo, en seg./hora;

N = Autobuses/hora, que efectúan parada;

D = Tiempo medio de parada en servicio a pasajeros, en seg;

L = Tiempo de pérdida adicional debido a la deceleración y aceleración y formación de colas, en seg. (en condiciones medias, $L = 6$ a 8 seg.).

CAPACIDAD DEL VEHICULO

La capacidad de cada vehículo se calcula en función del número de personas que puede albergar.

De acuerdo a la Ley de Vías Generales de Comunicación el servicio de transporte interurbano de primera clase no puede trasladar personas de pie, por lo que la capacidad de pasajeros (S) del vehículo, es el número de asientos con los que cuenta, en este caso la ecuación correspondiente es:

$$S = s_n \quad \text{-----(12)}$$

Donde:

s_n = Número de asientos por vehículo.

Para el caso del servicio interurbano de segunda clase, la misma Ley de Vías Generales de Comunicación establece que puede transportar una cierta cantidad de pasajeros de pie, que no debe exceder el 20% del total de asientos, así pues, para calcular la capacidad del vehículo puede utilizarse la expresión:

$$S = 1.2 s_n \quad \text{-----(13)}$$

Para el servicio de transporte suburbano no se legisla ninguna restricción de este tipo, por lo que la cantidad de pasajeros por autobús es función del número de asientos y del área neta disponible para albergar pasajeros de pie, la ecuación es:

$$S = s_n + \frac{A_n}{L_i} \quad \text{-----(14)}$$

Donde:

A_n = Área neta disponible para pasajeros de pie por vehículo.

L_i = Metros cuadrados por pasajero para el nivel i .

El nivel i depende de las condiciones del servicio ofrecido; el siguiente cuadro muestra la cantidad de metros cuadrados por pasajero para diferentes niveles.

CUADRO 2. METROS CUADRADOS POR PASAJERO PARA 10 NIVELES

NIVEL (i)	PASAJEROS DE PIE POR METRO CUADRADO	METRO CUADRADO POR PASAJERO
A	1	1.00
B	2	0.50
C	3	0.33
D	4	0.25
E	5	0.20
F	6	0.16
G	7	0.14
H	8	0.12
I	9	0.11
J	10	0.10

Nota: Estos niveles no corresponden a los niveles de servicio que se utilizan en el "Highway Capacity Manual, Special Report 212"; son arbitrarios.

FUENTE: Elaboración propia.

IV. PROCEDIMIENTO DE CALCULO.

En este capítulo se presenta el procedimiento de cálculo de la capacidad de una línea de transporte público tomando el caso del servicio suburbano, por que es el que presenta mayores restricciones y por ende, un grado de dificultad más elevado.

Dentro del procedimiento de cálculo se menciona la necesidad de información. En los anexos correspondientes se indican los lineamientos para obtenerla.

De manera secuencial primero se describe la información necesaria, posteriormente se explica el procedimiento de cálculo en el cual interviene, y por último se realiza el ejemplo de aplicación, de manera sencilla para su comprensión.

4.1 INFORMACION

Con las expresiones planteadas, en los capítulos anteriores, se ve que es necesario obtener datos específicos que deben incorporarse al procedimiento de cálculo.

Será necesario conocer información de la Empresa de Transportes sobre el tipo de servicio, las características de la ruta y de su operación. Puntualizando la información requerida será:

- Longitud de la ruta.- Se refiere a la medida lineal expresada en km., que representa la suma de desplazamientos que el vehículo efectúa desde la terminal origen a la terminal destino.
- Tipo y clase de servicio.- Es la forma como operacionalmente se comporta una unidad de transporte dentro de un sistema definido; se establecen tres diferentes tipos de servicio: Urbano, Suburbano e Interurbano. Y de la clase: primera y segunda.
- Itinerario.- Es la descripción del recorrido que realiza una unidad de transporte durante la ruta.
- Número de autobuses asignados.- Es la cantidad de vehículos que se encuentran a disposición de prestar el servicio de transporte en la ruta.
- Capacidad del tipo de autobuses.- Es el máximo número de pasajeros que, dependiendo del tipo de servicio, puede llevar una unidad de transporte en condiciones de seguridad.
- Tiempos de recorrido programados.- Es la medida expresada en horas, minutos y segundos que comprende el recorrido total de una unidad de transporte con sus respectivos tiempos de servicio.

- Número y ubicación de las paradas.- Es la cantidad y localización de las paradas a lo largo de la ruta según el tipo y cobertura del servicio.
- Tiempos de servicio programados (en terminal y paradas).- Es la medida, expresada en minutos y segundos, cuando permanece detenida la unidad realizando operaciones de ascenso-descenso de pasajeros.
- Frecuencias de servicios o intervalos.- Es la intensidad con que las unidades salen o pasan por un punto del recorrido; varía dependiendo de la velocidad de operación y de las perturbaciones del tránsito.
- Volumenes de usuarios.- Es el total de pasajeros conducidos en la ruta de transporte.

Esta información será suministrada en su mayoría por la Empresa de Transportes y por la observación directa en campo; como elementos de ayuda, en la obtención de la información se han diseñado los formatos que aparecen en el Apéndice D.

4.2 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE CALCULO.

Una vez que se cuenta con la información, se inicia el procedimiento de cálculo; es necesario calcular cada una de las capacidades, ya que se deben comparar y escoger el valor mínimo como la capacidad máxima de la ruta.

- TERMINALES.

Se parte de las expresiones (3) y (4) que representan las incidencias en la terminal.

Las formulas (3) y (4) son :

$$C_V = \frac{3600 \cdot R}{h} \quad \text{y}$$

$$C_P = n \cdot S \cdot C_V = \frac{3600 \cdot n \cdot S \cdot R}{h}$$

Los datos necesarios para estos cálculos son el intervalo, el factor de ajuste por fluctuaciones tanto a la llegada como a la salida de la terminal, el número de vehículos por unidad y la capacidad en personas que tiene la unidad.

En caso de que el intervalo (tomado como el tiempo que hay entre la salida de dos autobuses consecutivos de una misma ruta) sea mayor a un minuto, se puede alterar la expresión y utilizar en el numerador 60 en lugar de 3600 y manejar en minutos el intervalo, de esta manera las expresiones quedan:

$$C_V = \frac{60 \cdot R}{h} \quad \text{-----(3')}$$

$$C_p = \frac{60 \cdot n \cdot S \cdot R}{h} \quad \text{-----(4')}$$

Este ajuste de segundos a minutos puede realizarse en el resto de las ecuaciones planteadas en los capítulos anteriores. No fueron mencionadas estas relaciones para evitar confusiones.

El factor de ajuste R se calcula como se indica en el apéndice A.

Para este caso $n = 1$, ya que cada unidad cuenta con un solo vehículo (Ver expresión 2).

El número de personas conducidas que puede transportar la unidad (S) se calcula con las expresiones 12, 13 ó 14 y con los valores presentados en el Cuadro 2.

El intervalo (h) se obtiene de la programación para la salida de cada autobús y que se encuentra en la sección de venta de boletos a la vista del público; además de que el gerente de cada terminal debe de poseer una copia de ésta por cada empresa.

Por ejemplo, si se sabe que de México a Querétaro la línea Flecha Amarilla tiene una corrida cada 15 minutos, el intervalo es de 15 en minutos y de $900 = 15 \times 60$ en segundos; en el caso de que salga un autobús cada dos horas, como es el caso de Transportes del Norte en la misma ruta, el intervalo será de 120 minutos ó 7200 segundos.

Con lo cual se puede calcular la capacidad en vehículos/hora/sentido para una ruta determinada, considerando las incidencias en la terminal. En el caso del transporte interurbano de primera clase este es el único dato necesario para obtener la capacidad.

- PARADAS.

Para el cálculo de la capacidad en las paradas, se necesita la misma información anterior, pero con las siguientes consideraciones:

Tanto el intervalo entre autobuses (h'), los tiempos de despeje (D') y de servicio a pasajeros (t_c') así como el factor de ajuste (R) deben de computarse por parada, para calcular la capacidad debida al movimiento de pasajeros (ascenso y descenso) durante todo el recorrido (de terminal a terminal).

Las ecuaciones (5) y (6) sirven para realizar los cálculos correspondientes; las expresiones, tanto para terminal como para parada, son iguales en su estructura; sin embargo, se han formulado de forma diferente para diferenciar su ubicación.

- SEMAFOROS

El cálculo de la capacidad con influencia de los semáforos reduce a ésta; como cuando un autobús de servicio interurbano de segunda clase o suburbano efectúa una parada con movimiento de pasajeros, inmediatamente antes (o muy cerca) de una intersección semaforizada, quedando sujeto a la programación del ciclo del semáforo para continuar su paso.

Se considera en el estudio que no existe ninguna facilidad que dé prioridad al transporte público, como son los detectores ya sean de piso u ópticos.

Para resultados prácticos deben utilizarse las ecuaciones (9) y (10), que proporcionan la capacidad por hora, que es la misma unidad de medida de las expresiones de capacidad empleadas.

La información complementaria es la duración del ciclo y el tiempo efectivo de verde. Este tiempo efectivo de verde es la suma de los tiempos tanto de la luz verde como de la amarilla, ya que se permite el paso de los vehículos durante este lapso.

- CALCULO DE LA CAPACIDAD.

El procedimiento de cálculo es como sigue:

a).- Se calcula la capacidad en la terminal de origen.

b).- Se calculan las capacidades en cada una de las paradas que realice el vehículo de transporte público, distinguiendo las fórmulas que involucran a los semáforos de las que no los toman en cuenta.

c).- Se calcula la capacidad en la terminal de destino.

d).- Paralelamente se debe calcular la capacidad en la vía en condiciones actuales, para determinar su influencia dentro de la operación. Este cálculo debe realizarse en los lugares terminales y en las paradas.

Es conveniente tener un formato en donde se vacíen las capacidades calculadas, para que la identificación de la menor sea sencilla y se vea en qué lugar se presenta. Se anexa un formato en el Apéndice E que puede servir de muestra para su elaboración.

Se da por hecho que se conocen los orígenes, destinos, trayectos, paradas y horarios de cada ruta de transporte, en caso de no tenerlos, es necesario llevar a cabo recorridos piloto para obtener los datos correspondientes.

Una vez que se determine la capacidad de cada ruta, se pueden considerar de distintas maneras con el fin de adecuarlas a los requerimientos específicos que se tengan. Para exemplificar esto se citan las siguientes presentaciones:

- Por Ruta.- En esta se realiza la suma de las capacidades máximas que para una ruta específica tenga cada empresa prestadora del servicio (por ejemplo Torreón-Saltillo).
- Por Empresa.- Se refiere a la capacidad total que tiene una empresa para la oferta del servicio en el conjunto de rutas que sirve.
- Por Sistema.- Es la suma de todas las capacidades de las empresas o rutas, dentro de un área determinada, que puede ser una región o a nivel nacional.

Es necesario aclarar que el cálculo de las capacidades debe de realizarse durante los períodos de máxima demanda, ya que son los lapsos en que se utilizan un mayor tiempo para el movimiento de pasajeros y las velocidades de recorrido son menores debido a las interferencias del tránsito.

4.3. EJEMPLO DE APLICACION

Para el cálculo de la capacidad de transporte por autobús, se realizó un ejemplo de aplicación en una ruta de autobuses que efectúa un servicio suburbano.

En el ejemplo de aplicación, se contó con el apoyo de los alumnos de la Maestría en Ingeniería de Transportes de la Universidad Autónoma del Estado de México, quienes realizaron los estudios de campo necesarios recopilando la información y llenando los formatos respectivos que aparecen en los anexos.

La ruta seleccionada para el estudio se localiza en el Estado de México, la cual brinda un servicio suburbano entre la Terminal Foránea de Toluca y la población de San Buenaventura, es operada por la empresa Colón Nacional, S.A. de C.V. de Toluca, utilizando para ello autobuses convencionales con un horario continuo de servicio entre las 6:00 y las 21:00 hrs.

La ruta se cubre en aproximadamente 25 minutos, se le han asignado 10 autobuses que salen de la terminal con una frecuencia de 10 minutos y cuenta con una capacidad en asientos que varía entre 25 y 28 por unidad.

El estudio se realizó el lunes 4 de junio de 1990 de las 10:00 a las 11:00 hrs., el sentido seleccionado fue de Terminal Foránea a Sn. Buenaventura. Se ubicaron 3 paradas intermedias donde se captó información referente a tiempos de servicio y tiempos de despeje entre autobuses, además se realizó un estudio a bordo del autobús donde se registró el movimiento de pasajeros a lo largo de la ruta y los consecuentes tiempos de servicio en terminal y paradas.

Para registrar la información de campo se utilizaron los formatos B.1 Captación de información de campo (a bordo de la unidad) y C.1 Captación de información en paradas, en las hojas subsecuentes aparece la información registrada en dichos formatos así como la obtenida en gabinete a través de la forma C.2.

La información captada en campo permitió el cálculo del factor R para cada parada, el cual representa el factor de ajuste necesario para obtener la capacidad de transporte por autobús en la ruta, capacidad expresada en autobuses/h o pasajeros/h.

FORMATO A1. CALCULO DEL FACTOR R PARA UNA PARADA

EMPRESA COLON NACIONAL

RUTA TERMINAL - SN. BUENAVENTURA

PARADA TERMINAL

FECHA JUNIO 4 DE 1990

AUTOBUS Núm.	L L E G A D A S			S A L I D A S			OBSERVACIONES
	Programada H ₁₁	Real H _{i11}	Variación (H _{i11} - H ₁₁)	Programada Hs	Real His	Variación (His - Hs)	
72287 J	09:50:00	51:00	01:00	10:00:00	02:12	02:12	
71791 J	10:00:00	02:00	02:00	10:10:00	11:15	01:15	
71741 J	10:10:00	12:00	02:00	10:20:00	21:40	01:40	
71781 J	10:20:00	21:15	01:15	10:30:00	35:35	05:35	
71843 J	10:30:00	35:30	05:30	10:40:00	42:53	02:53	
71408	10:40:00	40:29	00:29	10:50:00	51:00	01:00	
n = 6	TOTAL 12:14			TOTAL 14:35			

$$Var_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i11} - H_{11})}{n} = \frac{12.23}{6}$$

$$Var = \frac{Var_{11} + Var_s}{2} = \frac{2.0388 + 2.43055}{2}$$

$$Var_s = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{is} - H_s)}{n} = \frac{14.583}{6}$$

$$R = 1 - \frac{Var}{60} = 1 - \frac{2347217}{60}$$

$$R = 0.9627546$$

FORMATO A1. CALCULO DEL FACTOR R PARA UNA PARADA

EMPRESA COLON NACIONAL

RUTA TERMINAL - SN. BUENAVENTURA

PASEO

PARADA (1) VENUSTIANO CARRANZA- TOLLOCAN

FECHA JUNIO 4 DE 1990

$$Var_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i11} - H_{11})^2}{n} = \frac{8.16}{6}$$

$$\text{Var} = \frac{\text{Var}_{11} + \text{Var}_s}{2} = \frac{1.3611 + 1.5194}{2}$$

$$\text{Var}_S = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i,S} - \bar{H}_S)^2}{n} = \frac{9.116}{6}$$

$$R = 1 - \frac{Var}{60} = 1 - \frac{1.4402775}{60}$$

$$R = 0.9759953$$

FORMATO A1. CALCULO DEL FACTOR R PARA UNA PARADA

EMPRESA COLON NACIONAL

RUTA TERMINAL - SN. BUENAVENTURA

PARADA (2) V. CARRANZA Y P. COLON

FECHA JUNIO 4 DE 1990

AUTOBUS Núm.	L L E G A D A S			S A L I D A S			OBSERVACIONES
	Programada H ₁₁	Real H _{i11}	Variación (H _{i11} - H ₁₁)	Programada Hs	Real His	Variación (His - Hs)	
72345 J	10:10:00	10:20	00:20	10:10:45	10:11:05	00:20	
72287 J	10:20:00	20:45	00:45	10:20:45	21:10	00:25	
71792 J	10:30:00	31:00	01:00	10:30:45	32:30	01:45	
71741 J	10:40:00	40:53	00:53	10:40:45	41:36	00:51	
71781 J	10:50:00	54:48	04:48	10:50:54	55:30	04:45	
71843 J	11:00:00	02:23	02:23	11:00:45	03:00	02:15	
n= 6	TOTAL 10:09			TOTAL 10:21			

$$Var_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i11} - H_{11})}{n} = \frac{10.15}{6}$$

$$Var = \frac{Var_{11} + Var_s}{2} = \frac{1.7012 + 1.725}{2}$$

$$Var_s = \frac{\sum_{i=1}^n (His - Hs)}{n} = \frac{10.35}{6}$$

$$R = 1 - \frac{Var}{60} = 1 - \frac{1.7083}{60}$$

$$R = 0.9715217$$

FORMATO A1. CALCULO DEL FACTOR R PARA UNA PARADA

EMPRESA COLON NACIONAL

RUTA TERMINAL-SN. BUENAVENTURA

PARADA (3) V. CARRANZA Y PINO SUAREZ

FECHA JUNIO 4 DE 1990

AUTOBUS Núm.	L L E G A D A S			S A L I D A S			OBSERVACIONES
	Programada H ₁₁	Real H _{i11}	Variación (H _{i11} - H ₁₁)	Programada Hs	Real His	Variación (His - Hs)	
72345 J	10:13:45	10:14:08	00:23	10:14:30	10:14:53	00:23	
72287 J	10:23:45	10:24:25	00:40	10:24:30	10:25:20	00:50	
71792 J	10:33:45	10:35:50	02:05	10:34:30	10:36:05	01:35	
71741 J	10:43:45	10:44:48	01:03	10:44:30	10:45:26	00:56	
71781 J	10:53:45	10:58:42	04:57	10:54:30	10:59:30	05:00	
71843 J	11:03:45	11:06:00	02:15	11:04:30	11:06:30	02:00	
n = 6	TOTAL		11:23	TOTAL		10:44	

$$Var_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i11} - H_{11})}{n} = \frac{11.383}{6}$$

$$Var = \frac{Var_{11} + Var_s}{2} = \frac{1.8997 + 1.7888}{2}$$

$$Var_s = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{is} - H_s)}{n} = \frac{10.733}{6}$$

$$R = 1 - \frac{Var}{60} = 1 - \frac{1.844294}{60}$$

$$R = 0.9692617$$

FORMATO A1. CALCULO DEL FACTOR R PARA UNA PARADA

EMPRESA COLON NACIONAL RUTA TERMINAL - SN. BUENAVENTURA
 PARADA SAN BUENAVENTURA FECHA JUNIO 4 DE 1990

AUTOBUS Núm.	L L E G A D A S			S A L I D A S			OBSERVACIONES
	Programada H ₁₁	Real H _{i11}	Variación (H _{i11} - H ₁₁)	Programada Hs	Real His	Variación (His - Hs)	
72345 J	10:15:00	10: 16:20	01:20				
72287 J	10:25:00	10: 26:50	01:50				
71792 J	10:35:00	10: 37:45	02:45				
71741 J	10:45:00	10: 46:58	01:58				
71781 J	10:55:00	11: 01:00	06:00				
71843 J	11:05:00	11: 08:00	03:00				
n= 6	TOTAL 16:53			TOTAL			

$$Var_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i11} - H_{11})}{n} = \frac{16.8833}{6}$$

$$Var = \frac{Var_{11} + Var_s}{2} = \frac{2.8138+0}{2}$$

$$Var_s = \frac{\sum_{i=1}^n (His - Hs)}{n} = \frac{0}{6}$$

$$R = 1 - \frac{Var}{60} = 1 - \frac{2.8138}{60}$$

$$R = 0.9531018$$

FORMATO B1. CAPTACION DE LA INFORMACION EN CAMPO

EMPRESA COLON NACIONAL RUTA TERMINAL - SN. BUENAVENTURA
 No. ECONOMICO 72287 J FECHA JUNIO 4 DE 1990.

UBICACION DE LA PARADA	HORA DE LLEGADA	HORA DE SALIDA	PASAJEROS QUE SUBEN	PASAJEROS QUE BAJAN	A BORDO	OBSERVACIONES
TERMINAL	09:51:00	10:02:12	76	-	76	
V. CARRANZA Y P. TOLLOCAN	10:13:09	10:15:10	9	9	76	PARADA Y SEMAFORO
V. CARRANZA Y P. COLON	10:20:45	10:21:10	2	2	76	
V. CARRANZA Y PINO SUAREZ	10:24:25	10:25:20	4	4	76	
SN. BUENAVENTURA	10:26:50	-	-	76	-	

QBSERVADOR RITA - FERNANDO PARADA CON MAYOR
 MOVIMIENTO V. CARRANZA Y P. TOLLOACAN
 MAXIMO NUMERO DE
 PASAJEROS A BORDO 76

FORMATO C.1. CAPTACION DE INFORMACION EN PARADA

LOCALIZACION TERMINAL SEMAFORIZADA NO

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO FECHA JUNIO 4 DE 1990

NUMERO ECONOMICO	R U T A	E M P R E S A	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	OBSERVACIONES
72287 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	09:51:00	10:02:12	
71792 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:02:00	10:11:15	
71741 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:12:00	10:21:40	
71781 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:21:15	10:35:35	
71843 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:35:30	10:42:53	
71408 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:40:29	10:51:00	

NOTA: En el renglón semafORIZADA se deberá anotar SI o NO, dependiendo si se encuentra inmediatamente antes o muy cercana a una intersección semafORIZADA.

FORMATO C.1. CAPTACION DE INFORMACION EN PARADA

LOCALIZACION V. CARRANZA Y P. COLON SEMAFORIZADA NO

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO FECHA JUNIO 4 DE 1990

NUMERO ECONOMICO	R U T A	E M P R E S A	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	OBSERVACIONES
72345 J	TERMINAL SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:10:20	10:11:05	
72287 J	TERMINAL SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:20:45	10:21:10	
71792 J	TERMINAL SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:31:00	10:32:30	
71741 J	TERMINAL SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:40:53	10:41:36	
71781 J	TERMINAL SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:54:48	10:55:30	
71843 J	TERMINAL SN. BUENA	COLON NACIONAL	11:02:23	11:03:00	

NOTA: En el renglón semafORIZADA se deberá anotar SI o NO, dependiendo si se encuentra inmediatamente antes o muy cercana a una intersección semafORIZADA.

FORMATO C.1. CAPTACION DE INFORMACION EN PARADA

LOCALIZACION V. CARRANZA Y P. TOLLOCAN SEMAFORIZADA SI

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO FECHA JUNIO 4 DE 1990

NUMERO ECONOMICO	R U T A	E M P R E S A	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	OBSERVACIONES
72345 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:03:55	10:04:50	
72287 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:13:09	10:15:10	
71791 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:24:06	10:25:55	
71741 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:33:21	10:34:57	
71781 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:47:16	10:48:52	
71843 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:54:23	10:56:23	

NOTA: En el renglón semafORIZADA se deberá anotar SI o NO, dependiendo si se encuentra inmediatamente antes o muy cercana a una intersección semafORIZADA.

FORMATO C.1. CAPTACION DE INFORMACION EN PARADA

LOCALIZACION V. CARRANZA Y P. SUAREZ SEMAFORIZADA NO

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO FECHA JUNIO 4 DE 1990

NUMERO ECONOMICO	R U T A	E M P R E S A	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	OBSERVACIONES
72345 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:14:08	10:14:53	
72287 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:24:25	10:25:20	
71792 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:35:50	10:36:05	
71741 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:44:48	10:45:26	
71781 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:58:42	10:59:30	
71843 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	11:06:00	11:06:30	

NOTA: En el renglón semafORIZADA se deberá anotar SI o NO, dependiendo si se encuentra inmediatamente antes o muy cercana a una intersección semafORIZADA.

FORMATO C.1. CAPTACION DE INFORMACION EN PARADA

LOCALIZACION SN. BUENAVENTURA SEMAFORIZADA NO

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO FECHA JUNIO 4 DE 1990.

NUMERO ECONOMICO	R U T A	E M P R E S A	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	OBSERVACIONES
72345 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:16:20		
72287 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:26:50		
71792 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:37:45		
71741 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	10:46:58		
71781 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	11:01:00		
71843 J	TERMINAL - SN. BUENA	COLON NACIONAL	11:08:00		

NOTA: En el renglón semaforizada se deberá anotar SI o NO, dependiendo si se encuentra inmediatamente antes o muy cercana a una intersección semaforizada.

FORMATO C.2. MANEJO DE INFORMACION EN GABINETE

LOCALIZACION DE LA PARADA TERMINAL SEMAFORIZADA NO
 RUTA (EMPRESA) COLON NACIONAL FECHA JUNIO 4 DE 1990
 CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO OBSERVADOR JAIME

NUMERO ECONOMICO	EMPRESA (RUTA)	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	DIFERENCIA (en minutos)	OBSERVACIONES
72287 J	TERMINAL-SN. BUENA	09:51:00	10:02:12	11.20	
71792 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:02:00	10:11:15	9.25	
71741 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:12:00	10:21:40	9.66	
71781 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:21:15	10:35:35	14.33	
71843 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:35:30	10:4 :53	7.38	
714'8 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:40:29	10:51:00	10.51	

TOTAL DE VEHICULOS CAPTADOS (n) 6

SUMA TOTAL DE DIFERENCIAS ($\sum_{i=1}^n t'_c$) 62:33

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^n t'_c}{n}$$

$$t_c = \frac{62:33}{6} \text{ min.}$$

FORMATO C.2. MANEJO DE INFORMACION EN GABINETE

VENUSTIANO CARRANZA

(1) LOCALIZACION DE LA PARADA PASEO TULLUCAN Y SEMAFORIZADA SI

RUTA (EMPRESA) COLON NACIONAL FECHA JUNIO 4 DE 1990

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO OBSERVADOR ALEJANDRO ORTIZ

NUMERO ECONOMICO	EMPRESA (RUTA)	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	DIFERENCIA (en minutos)	OBSERVACIONES
72345 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:03:55	10:04:50	0.92	
72287 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:13:09	10:15:10	2.02	
71792 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:24:06	10:25:55	1.82	
71741 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:33:21	10:34:57	1.60	
71781 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:47:16	10:48:52	1.60	
71843 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:54:23	10:56:23	2.00	

TOTAL DE VEHICULOS CAPTADOS (n) 6

SUMA TOTAL DE DIFERENCIAS ($\sum_{i=1}^n t'_c$) 9.96

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^n t'_c}{n}$$

$$t_c = 1.66 \text{ min.}$$

FORMATO C.2. MANEJO DE INFORMACION EN GABINETE

VENUSTIANO CARRANZA

(2) Y

LOCALIZACION DE LA PARADA P. COLON SEMAFORIZADA NO

RUTA (EMPRESA) COLON NACIONAL FECHA JUNIO 4 DE 1990

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO OBSERVADOR GASTON

NUMERO ECONOMICO	EMPRESA (RUTA)	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	DIFERENCIA (en minutos)	OBSERVACIONES
72345 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:10:20	10:11:05	0.75	
72287 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:20:45	10:21:10	0.42	
71792 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:31:00	10:32:30	1.50	
71741 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:40:53	10:41:36	0.72	
71781 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:54:48	10:55:30	0.70	
71843 J	TERMINAL-SN. BUENA	11:02:23	11:03:00	0.62	

TOTAL DE VEHICULOS CAPTADOS (n) 6

SUMA TOTAL DE DIFERENCIAS ($\sum_{i=1}^n t'_c$) 4.71

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^n t'_c}{n}$$

$$t_c = \frac{4.71}{6} \text{ min.}$$

FORMATO C.2. MANEJO DE INFORMACION EN GABINETE

VENUSTIANO CARRANZA

(3)

Y

LOCALIZACION DE LA PARADA PINO SUAREZ SEMAFORIZADA NO

RTA (EMPRESA) COLON NACIONAL FECHA JUNIO 4 DE 1990

CONDICIONES ATMOSFERICAS DESPEJADO OBSERVADOR ISIDORO

NUMERO ECONOMICO	EMPRESA (RUTA)	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	DIFERENCIA (en minutos)	OBSERVACIONES
72345 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:14:08	10:14:53	0.75	
72278 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:24:25	10:25:20	0.92	
71792 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:35:50	10:36:05	0.25	
71741 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:44:48	10:4 :26	0.63	
71781 J	TERMINAL-SN. BUENA	10:58:42	10:59:30	0.80	
71843 J	TERMINAL-SN. BUENA	11:06:00	11:06:30	0.50	

TOTAL DE VEHICULOS CAPTADOS (n) 6

SUMA TOTAL DE DIFERENCIAS ($\sum_{i=1}^n t'_c$) 3.85

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^n t'_c}{n}$$

$$t_c = 0.6416 \text{ min.}$$

El estudio en campo hizo posible la obtención de cada uno de los datos necesarios para el cálculo de la capacidad de transporte; así, se obtuvo el valor de 76 pasajeros por autobús en cada una de las paradas localizadas a lo largo de la ruta (ver formato B.1).

También se obtuvo el valor de 45/90 que corresponde al verde en ciclo del semáforo localizado inmediatamente después de la parada 1 (Venustiano Carranza y P. Tollocan).

El análisis referente a tiempos de despeje entre autobuses y tiempos de servicio a pasajeros se hizo por separado; así, como todo el trabajo de gabinete.

Después de la aplicación de las fórmulas referentes al cálculo de capacidad en servicio suburbano, para cada una de las paradas consideradas, se obtuvieron los resultados que aparecen en el Cuadro 3.

En dicho Cuadro, se observa que el valor calculado en la parada 1 es el mínimo, por lo tanto, será para la ruta en estudio la capacidad que se considerará como máxima; lo anterior se debe a que es en esta parada donde se presentan las mayores incidencias de tipo operativo, ocurre en ella el mayor movimiento de pasajeros lo que incrementa el tiempo de servicio, además de ser la única parada ubicada antes de una intersección.

PARADA	TIEMPO DE DESPEJE (MINUTOS)	TIEMPO DE SERVICIO A PASAJEROS (MINUTOS)	TIEMPO DE CICLO (MINUTOS)	CAPACIDAD MÁXIMA (PASAJEROS)
1	1.5	1.5	3	76
2	1.5	1.5	3	76
3	1.5	1.5	3	76
4	1.5	1.5	3	76
5	1.5	1.5	3	76
6	1.5	1.5	3	76
7	1.5	1.5	3	76
8	1.5	1.5	3	76
9	1.5	1.5	3	76
10	1.5	1.5	3	76
11	1.5	1.5	3	76
12	1.5	1.5	3	76
13	1.5	1.5	3	76
14	1.5	1.5	3	76
15	1.5	1.5	3	76
16	1.5	1.5	3	76
17	1.5	1.5	3	76
18	1.5	1.5	3	76
19	1.5	1.5	3	76
20	1.5	1.5	3	76
21	1.5	1.5	3	76
22	1.5	1.5	3	76
23	1.5	1.5	3	76
24	1.5	1.5	3	76
25	1.5	1.5	3	76
26	1.5	1.5	3	76
27	1.5	1.5	3	76
28	1.5	1.5	3	76
29	1.5	1.5	3	76
30	1.5	1.5	3	76
31	1.5	1.5	3	76
32	1.5	1.5	3	76
33	1.5	1.5	3	76
34	1.5	1.5	3	76
35	1.5	1.5	3	76
36	1.5	1.5	3	76
37	1.5	1.5	3	76
38	1.5	1.5	3	76
39	1.5	1.5	3	76
40	1.5	1.5	3	76
41	1.5	1.5	3	76
42	1.5	1.5	3	76
43	1.5	1.5	3	76
44	1.5	1.5	3	76
45	1.5	1.5	3	76
46	1.5	1.5	3	76
47	1.5	1.5	3	76
48	1.5	1.5	3	76
49	1.5	1.5	3	76
50	1.5	1.5	3	76
51	1.5	1.5	3	76
52	1.5	1.5	3	76
53	1.5	1.5	3	76
54	1.5	1.5	3	76
55	1.5	1.5	3	76
56	1.5	1.5	3	76
57	1.5	1.5	3	76
58	1.5	1.5	3	76
59	1.5	1.5	3	76
60	1.5	1.5	3	76
61	1.5	1.5	3	76
62	1.5	1.5	3	76
63	1.5	1.5	3	76
64	1.5	1.5	3	76
65	1.5	1.5	3	76
66	1.5	1.5	3	76
67	1.5	1.5	3	76
68	1.5	1.5	3	76
69	1.5	1.5	3	76
70	1.5	1.5	3	76
71	1.5	1.5	3	76
72	1.5	1.5	3	76
73	1.5	1.5	3	76
74	1.5	1.5	3	76
75	1.5	1.5	3	76
76	1.5	1.5	3	76
77	1.5	1.5	3	76
78	1.5	1.5	3	76
79	1.5	1.5	3	76
80	1.5	1.5	3	76
81	1.5	1.5	3	76
82	1.5	1.5	3	76
83	1.5	1.5	3	76
84	1.5	1.5	3	76
85	1.5	1.5	3	76
86	1.5	1.5	3	76
87	1.5	1.5	3	76
88	1.5	1.5	3	76
89	1.5	1.5	3	76
90	1.5	1.5	3	76
91	1.5	1.5	3	76
92	1.5	1.5	3	76
93	1.5	1.5	3	76
94	1.5	1.5	3	76
95	1.5	1.5	3	76
96	1.5	1.5	3	76
97	1.5	1.5	3	76
98	1.5	1.5	3	76
99	1.5	1.5	3	76
100	1.5	1.5	3	76
101	1.5	1.5	3	76
102	1.5	1.5	3	76
103	1.5	1.5	3	76
104	1.5	1.5	3	76
105	1.5	1.5	3	76
106	1.5	1.5	3	76
107	1.5	1.5	3	76
108	1.5	1.5	3	76
109	1.5	1.5	3	76
110	1.5	1.5	3	76
111	1.5	1.5	3	76
112	1.5	1.5	3	76
113	1.5	1.5	3	76
114	1.5	1.5	3	76
115	1.5	1.5	3	76
116	1.5	1.5	3	76
117	1.5	1.5	3	76
118	1.5	1.5	3	76
119	1.5	1.5	3	76
120	1.5	1.5	3	76
121	1.5	1.5	3	76
122	1.5	1.5	3	76
123	1.5	1.5	3	76
124	1.5	1.5	3	76
125	1.5	1.5	3	76
126	1.5	1.5	3	76
127	1.5	1.5	3	76
128	1.5	1.5	3	76
129	1.5	1.5	3	76
130	1.5	1.5	3	76
131	1.5	1.5	3	76
132	1.5	1.5	3	76
133	1.5	1.5	3	76
134	1.5	1.5	3	76
135	1.5	1.5	3	76
136	1.5	1.5	3	76
137	1.5	1.5	3	76
138	1.5	1.5	3	76
139	1.5	1.5	3	76
140	1.5	1.5	3	76
141	1.5	1.5	3	76
142	1.5	1.5	3	76
143	1.5	1.5	3	76
144	1.5	1.5	3	76
145	1.5	1.5	3	76
146	1.5	1.5	3	76
147	1.5	1.5	3	76
148	1.5	1.5	3	76
149	1.5	1.5	3	76
150	1.5	1.5	3	76
151	1.5	1.5	3	76
152	1.5	1.5	3	76
153	1.5	1.5	3	76
154	1.5	1.5	3	76
155	1.5	1.5	3	76
156	1.5	1.5	3	76
157	1.5	1.5	3	76
158	1.5	1.5	3	76
159	1.5	1.5	3	76
160	1.5	1.5	3	76
161	1.5	1.5	3	76
162	1.5	1.5	3	76
163	1.5	1.5	3	76
164	1.5	1.5	3	76
165	1.5	1.5	3	76
166	1.5	1.5	3	76
167	1.5	1.5	3	76
168	1.5	1.5	3	76
169	1.5	1.5	3	76
170	1.5	1.5	3	76
171	1.5	1.5	3	76
172	1.5	1.5	3	76
173	1.5	1.5	3	76
174	1.5	1.5	3	76
175	1.5	1.5	3	76
176	1.5	1.5	3	76
177	1.5	1.5	3	76
178	1.5	1.5	3	76
179	1.5	1.5	3	76
180	1.5	1.5	3	76
181	1.5	1.5	3	76
182	1.5	1.5	3	76
183	1.5	1.5	3	76
184	1.5	1.5	3	76
185	1.5	1.5	3	76
186	1.5	1.5	3	76
187	1.5	1.5	3	76
188	1.5	1.5	3	76
189	1.5	1.5	3	76
190	1.5	1.5	3	76
191	1.5	1.5	3	76
192	1.5	1.5	3	76
193	1.5	1.5	3	76
194	1.5	1.5	3	76
195	1.5	1.5	3	76
196	1.5	1.5	3	76
197	1.5	1.5	3	76
198	1.5	1.5	3	76
199	1.5	1.5	3	76
200	1.5	1.5	3	76
201	1.5	1.5	3	76
202	1.5	1.5	3	76
203	1.5	1.5	3	76
204	1.5	1.5	3	76
205	1.5	1.5	3	76
206	1.5	1.5	3	76
207	1.5	1.5	3	76
208	1.5	1.5	3	76
209	1.5	1.5	3	76
210	1.5	1.5	3	76
211	1.5	1.5	3	76
212	1.5	1.5	3	76
213	1.5	1.5	3	76
214	1.5	1.5	3	76
215	1.5	1.5	3	76
216	1.5	1.5	3	76
217	1.5	1.5	3	76
218	1.5	1.5	3	76
219	1.5	1.5	3	76
220	1.5	1.5	3	76
221	1.5	1.5	3	76
222	1.5	1.5	3	76
223	1.5	1.5	3	76
224	1.5	1.5	3	76
225	1.5	1.5	3	76
226	1.5	1.5	3	76
227	1.5	1.5	3	76
228	1.5	1.5	3	76
229	1.5	1.5	3	76
230	1.5	1.5	3	76
231	1.5	1.5	3	76
232	1.5	1.5	3	76
233	1.5	1.5	3	76
234	1.5	1.5	3	76
235	1.5	1.5	3	76
236	1.5	1.5	3	76
237	1.5	1.5	3	76
238	1.5	1.5	3	76
239	1.5	1.5	3	76
240	1.5	1.5	3	76
241	1.5	1.5	3	76
242	1.5	1.5	3	76
243	1.5	1.5	3	76
244	1.5	1.5	3	76
245	1.5	1.5	3	76
246	1.5	1.5	3	76
247	1.5	1.5	3	76
248	1.5	1.5	3	76
249	1.5	1.5	3	76
250	1.5	1.5	3	76
251	1.5	1.5	3	76
252	1.5	1.5	3	76
253	1.5	1.5	3	76
254	1.5	1.5	3	76
255	1.5	1.5	3	76
256	1.5	1.5	3	76
257	1.5	1.5	3	76
258	1.5	1.5	3	76
259	1.5	1.5	3	76
260	1.5	1.5		

CUADRO 2. CONCENTRADO DE CAPACIDADES OBTENIDAS POR PARADAS.

TERMINAL ORIGEN	PARADA (1)	PARADA (2)	TERMINAL DESTINO
CAPACIDAD CALCULADA EN Veh/hr.	5.55	3.14	5.68
CAPACIDAD CALCULADA EN Pas/hr.	421.90	238.78	429.4 431.68 420.28

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este estudio se estableció un procedimiento de cálculo para determinar la capacidad de transporte de los autobuses medida tanto en pasajeros/h como en vehículos/h.

Las ecuaciones empleadas para el cálculo de la capacidad son sencillas, sin que sea necesario un conocimiento profundo de matemáticas para su uso. La terminología corresponde al Manual de Capacidad Vial de 1985 (edición americana) con la finalidad de homologar criterios.

El tipo y clase de servicio resultan ser los factores principales para la capacidad ofertada, siendo el servicio de transporte interurbano de primera clase el que ofrece mayor capacidad a igual frecuencia.

La capacidad máxima de transportación estará dada por el valor mínimo obtenido en la aplicación del procedimiento, ya que ese valor será el crítico a lo largo de la ruta no importando el lugar donde se ubique.

Una de las formas de incrementar la capacidad es, en primer lugar, la reubicación de la parada conflictiva evitando de ser posible la interferencia con el resto del tránsito.

Otro camino es otorgar al transporte público por autobús preferencias, como son: prioridad de paso, carriles exclusivos, paradas especiales que solo puedan utilizar este tipo de vehículos, etc.

Un tercera opción se refiere a la variación de las condiciones de operación como son: la disminución de intervalos, la reducción de los tiempos de servicio a pasajeros, la automatización del cobro de las tarifas, etc..

Por último, el aumento de la capacidad puede lograrse incrementando el tamaño del vehículo o, disminuyendo el número de asientos por unidad, de manera que exista una mayor área para pasajeros de pies.

Como se aprecia en el ejemplo de aplicación, el procedimiento de cálculo es bastante sencillo y con él se determinan los puntos críticos en donde se reduce sustancialmente la capacidad.

Un análisis detallado de cada uno de los puntos críticos detectados, puede generar soluciones tanto operativas como de infraestructura de manera que se incremente la capacidad.

Es recomendable que el procedimiento planteado forme parte de la evaluación cotidiana de los sistemas de transporte público por autobuses, de manera que el cálculo de la capacidad sea parte de dicha evaluación, al tiempo de que puede irse adaptando de acuerdo a las condiciones particulares de cada caso.

APENDICE "A" - CALCULO DEL FACTOR DE AJUSTE R.

El factor "R" es un factor de ajuste debido a las fluctuaciones entre las llegadas y salidas de la terminal, así como a la variación del tiempo de ascenso y/o descenso de los pasajeros.

Este factor de ajuste debe calcularse tanto en las terminales, como en las paradas durante el recorrido del autobús y preferentemente, en los períodos de máxima demanda.

Los requerimientos de información se basan en los horarios de llegada y salida, que se establecen para cada corrida en los diferentes lugares donde se detienen.

La forma de cálculo es como sigue:

- a) Se enlistan las horas de llegada y salida programadas, para cada punto en donde se realice movimiento de pasajeros.
- b) Se toman los datos reales tanto de llegada como de salida en cada punto. Estos datos se obtienen durante los días en que se preste el servicio.

Es recomendable que la recopilación de la información se realice durante una semana (Domingo a Sábado), de tal manera que se capten las variaciones diarias en cuanto al movimiento de pasajeros.

En el caso de que existan corridas "extras" en los días que se presente una mayor demanda, se debe efectuar un análisis especial para este tipo de servicio y tratarse por separado.

- c) Se obtienen promedios de los diferentes tiempos registrados, calculando un promedio de llegada y otro de salida.
- d) Se compara con el tiempo programado y se calcula la variación, que es la diferencia entre la hora real y la programada.

La diferencia obtenida se debe a que normalmente el autobús se retrasa a la llegada por las interferencias existentes; si un autobús de manera constante llegase antes de la hora indicada, deberá de reprogramarse.

Para calcular la variación se plantea la siguiente expresión:

$$\text{Var} = \frac{(H_i - H)}{n} \quad \text{-----(15)}$$

Donde:

- Var = Variación entre la hora programada y la real, en min.
Hi = Hora real observada, en min.
H = Hora programada, en min.
n = Número de datos tomados

Esta variación debe estimarse tanto para llegada como para la salida de cada parada o terminal, por lo que la expresión anterior puede descomponerse en dos:

$$\text{Var}_{\text{II}} = \frac{(H_{\text{II}} - H_{\text{II}})}{n} \quad \text{---(15a)}$$

$$\text{Var}_{\text{S}} = \frac{(H_{\text{S}} - H_{\text{S}})}{n} \quad \text{---(15b)}$$

Donde:

- Var_{II} = Variación en la llegada, en min.
Var_S = Variación en la salida, en min.
H_{II} = Hora real de llegada, en min.
H_S = Hora real de salida, en min.
H_{II} = Hora programada de llegada, en min.
H_S = Hora programada de salida, en min.

Por lo que la variación por llegada y salida será el promedio de ambas variaciones.

$$\text{Var} = \frac{\text{Var}_{\text{II}} + \text{Var}_{\text{S}}}{2} \quad \text{---(16)}$$

Donde:

Var = Variación de llegada y salida, en min.

e) Se calcula el factor de ajuste "R".

El factor de ajuste se determina con la expresión siguiente, dando como resultado un número adimensional.

$$R = 1 - \frac{\text{Var}}{60} \quad \text{---(17)}$$

Donde:

R = Factor de ajuste por fluctuaciones.

Para facilidad en el manejo de los datos obtenidos en el campo, se propone el Formato A.1, únicamente a manera de guía.

FORMATO A1. CALCULO DEL FACTOR B PARA UNA PARADA

EMPRESA

RUTA

PARADA

FECHA

$$\text{Var}_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i11} - \bar{H}_{11})^2}{n} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{Var} = \frac{\text{Var}_{11} + \text{Var}_s}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Var_s = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{is} - \bar{H}_s)^2}{n} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R = 1 - \frac{\text{Var}}{60} = \underline{\hspace{100pt}}$$

NOTA: El valor del factor "R" se incorporará a cada fórmula para calcular la capacidad tanto en pasajeros/h/sentido como en vehículo/h/sentido.

APENDICE "B"- CALCULO DEL TIEMPO DE PARADA (D)

Para realizar este estudio es necesario llevarlo a cabo a bordo de las unidades, en donde los observadores se ubicarán inmediatamente después de cada puerta, por lo que pueden ser uno o dos lo que tomen los datos por cada autobús.

Cada observador debe registrar la siguiente información:

- a) Empresa.- Se tiene que conocer el nombre de la empresa que está prestando el servicio, para poder cuantificar su capacidad de oferta.
- b) Ruta.- Saber que ruta es la que se analiza, con la finalidad de conocer el itinerario que sigue; así como las corridas programas.
- c) Parada.- Es importante establecer la ubicación de las paradas en donde se realizará el movimiento de pasajeros; de no conocerse con precisión, será necesario efectuar un estudio previo cuya finalidad sea su detección a lo largo de la ruta.
- d) Pasajeros.- Paralelamente, es conveniente cuantificar la cantidad de pasajeros que asciende y descienden en las diferentes paradas; esto sirve para conocer en que lugares es donde se utiliza más tiempo para el movimiento de pasajeros y se puedan brindar facilidades tendientes a disminuirlo.

Como este estudio se realiza a bordo de las unidades, se tiene que contar con un formato para esta parte y un segundo formato en donde se contemple el concentrado de la información; el llenado de este segundo formato se considera como el trabajo de gabinete.

Para la captación de la información en campo se propone el formato B.1, que cubre las necesidades planteadas líneas arriba, de manera que simplifique el trabajo.

Dentro del trabajo de gabinete existen dos posibilidades de agrupar la información; la primera se refiere a una empresa, en donde se debe tener un formato que incluya únicamente las unidades de una empresa específica con los diversos destinos a que sirve; la segunda es en cuanto a una ruta, donde lo importante es el origen y destino, pasando a segundo término la empresa.

El formato B.2 se refiere al manejo de la información por empresa, las adaptaciones para que se utilice este formato por ruta aparecen entre paréntesis.

Evidentemente puede convenir conocer este movimiento de pasajeros por empresa y ruta específica, la adaptación del formato anterior es sencilla y no constituye un trabajo adicional.

Lo que se quiere es conocer el tiempo que se destina para el movimiento de pasajeros en cada parada, por lo que cada formato debe contar con los datos de la parada, que se analice, como son su ubicación y si existe un semáforo muy cercano o inmediatamente después de ésta.

El objeto de cuantificar los pasajeros que ascienden y descienden es el de poder calcular el tiempo por pasajero que se utiliza en el ascenso y en el descenso, ya que con estos valores, al aumentar la demanda, se puede saber con un alto grado de precisión el tiempo que el vehículo permanecerá detenido sin necesidad de volver a realizar el estudio.

Una vez que se tiene procesada la información en el formato B.2, se procede a calcular el tiempo promedio de parada, que es la suma de los tiempos que cada autobús utiliza en una parada específica, entre el número de autobuses que paran en ella.

Es importante hacer la aclaración, de que se tiene que dividir el horario del servicio en períodos de tiempo, para analizar cada lapso por separado, ya que cuando se presenta la máxima demanda los vehículos que se detienen ocupan más tiempo en el servicio a pasajeros.

No es conveniente calcular el tiempo de parada promedio para todo un día, ya que se distorsiona la realidad, pues en las horas de menor demanda el tiempo utilizado para el movimiento de pasajeros se reduce.

La expresión para la determinación del tiempo de parada promedio para el servicio a pasajeros es:

$$D = \frac{D'}{n} \quad \text{---(18)}$$

Donde:

D = Tiempo promedio de parada, en min.

D' = Tiempo de parada de cada autobús, en min.

n = Número de autobuses que paran.

El estudio para el cálculo del tiempo de parada es muy sencillo y tiene la posibilidad de efectuarse un número menor de veces que el resto de los estudios, ya que una vez determinado el tiempo que utiliza cada pasajero para el ascenso y/o descenso, bastará con cuantificar el número de personas que ascienden y/o descienden para determinar el tiempo de parada para el servicio de pasajeros.

FORMATO B.1. CAPTACION DE LA INFORMACION DE CAMPO

EMPRESA _____

RUTA _____

No. ECONOMICO _____

FECHA _____

OBSERVADOR

PARADA CON MAYOR

MAXIMO NUMERO DE
PASAJEROS A BORDO

FORMATO B.2. CONCENTRADO DE INFORMACION

EMPRESA (RUTA) _____ LOC. PARADA _____

FECHA _____ PERIODO DE TIEMPO _____

Suma de los tiempos en servicio a pasajeros $\sum_{i=1}^n D^i =$ _____

Total de autobuses observados (n) =

$$\text{Tiempo promedio de parada en servicio a pasajeros } D = \frac{\sum_{i=1}^n D^i}{n} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Calculó:

APENDICE "C"- CALCULO DEL TIEMPO DE DESPEJE (t_c)

Para realizar este cálculo es necesario efectuar un estudio de campo, donde los observadores (personas encargadas de obtener los datos) se ubicarán en cada parada.

El observador deberá registrar la siguiente información:

- a) Localización de la Parada.- Esta localización puede ser urbana o suburbana; en el caso de la urbana se anota el nombre de la vialidad y el número de la vivienda en donde se ubique la parada, o si está antes de una intersección los nombres de las calles que cruzan; si es suburbana se registra el tramo que se trate y el kilometraje correspondiente.
- b) Empresa.- Es importante conocer los nombres de las empresas que utilizan la parada de manera regular, con el fin de construir una base de datos.
- c) Ruta.- En una misma parada llegan autobuses que tienen distintos destinos, por lo que es necesario contar con esa información.
- d) Horario.- Como el tiempo de despeje se calcula con base en la diferencia de tiempo entre dos autobuses consecutivos, debe registrarse, por parada, tanto la hora de llegada como la de salida de cada autobús.

Como a una misma parada llegan autobuses de distintas empresas y con destinos diferentes, se deben utilizar varios formatos, dependiendo del análisis que se efectué.

Para la captación de la información en campo se requiere un solo formato que registre los datos de una manera secuencial sin que discrimine a la ruta o a la empresa, salvo que se especifique si se quiere conocer sólo a una de las dos. Se anexa el formato C.1 que contempla los requisitos citados.

El trabajo de gabinete consiste en primer lugar de la discriminación de la información, así por ejemplo se pueden tener dos formas, una que recabe los datos por empresa y otra por ruta; la segunda parte es en sí el cálculo del tiempo de despeje por modalidad (ruta o empresa). La forma C.2 ilustra lo dicho.

Independientemente de que se analice una ruta o una empresa, dentro de la forma C.2 se calcula el tiempo entre la salida de un autobús y la llegada del siguiente que preste el servicio, de manera que esa diferencia sea el tiempo de despeje.

Suponiendo que el servicio se preste de manera regular a lo largo del día, el promedio de los tiempos de despeje computados de la manera descrita, sirve de base para que se utilice como el Tiempo de Despeje Programado para el cálculo de la capacidad.

La expresión matemática para el cálculo del Tiempo de Despeje Programado es:

$$t_c = \frac{t_c}{n} \quad \text{---(19)}$$

Este tiempo de despeje programado puede dividirse en períodos de tiempo, de tal manera que se pueda ubicar la hora o lapso de máxima demanda dentro de él y el promedio solo se calcule para éste caso.

El tiempo de despeje programado debe de calcularse antes de que se lleve a acabo el estudio para calcular la capacidad del transporte público, ya que durante el estudio tiene que captarse la misma información con la finalidad de cotejar y computar las variaciones.

El formato C.2 se elaboró para el caso de una ruta, si se desea para una empresa, las correcciones necesarias se encuentran entre paréntesis.

FORMATO C.1. CAPTACION DE INFORMACION EN PARADA

LOCALIZACION _____ **SEMAFORIZADA** _____

SEMAFORIZADA _____

CONDICIONES ATMOSFERICAS _____ FECHA _____

FECHA _____

NOTA: En el renglón semaforizada se deberá anotar SI o NO, dependiendo si se encuentra inmediatamente antes o muy cercana a una intersección semaforizada.

FORMATO C.2. MANEJO DE INFORMACION EN GABINETE

LOCALIZACION DE LA PARADA SEMAFORIZADA

RUTA (EMPRESA) _____ FECHA _____

CONDICIONES ATMOSFERICAS _____ OBSERVADOR _____

TOTAL DE VEHICULOS CAPTADOS (n) _____

SUMA TOTAL DE DIFERENCIAS ($\sum_{i=1}^n t'_c$) _____

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

$$t_c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ min.}$$

APENDICE "D"- CAPTACION DE INFORMACION

La información para elaborar el cálculo incluye la proporcionada por la Empresa de Transportes y la captada por observación directa de la operación de los autobuses en la ruta, parada y terminal. Para obtenerla se han propuesto tres formatos, que por su carácter objetivo, permiten ser aplicados de manera sencilla por legos en la materia.

A continuación se describen cada uno de los formatos y su contenido a investigar; se parte de lo más general para llegar a lo más particular en la captación de información.

Forma D-1 DATOS DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE

Esta forma nos permite conocer los datos más relevantes de la Empresa de Transportes, es necesario que quién dé respuesta al cuestionario sea una persona con experiencia dentro de la misma.

Esta forma nos permite conocer de la Empresa: sus datos generales, con cuantas y como están conformadas sus concesiones de transporte, los tipos de servicio que presta, el rango de tarifas que maneja por la prestación del servicio, el personal con que cuenta y su flota vehicular, estos últimos datos no permiten dar una idea del tamaño de la Empresa.

También nos permite conocer el horario con que la Empresa presta el servicio, las diversas rutas de transporte que opera y por último, el día y período de máxima demanda que servirá de base para la aplicación de la metodología.

Forma D-2 DATOS DE OPERACION DE LA RUTA.

Para conocer la operación del transporte en la ruta se propone la Forma D-2 que debe ser llenada con el personal de operación de la Empresa; se requiere que la información captada sea real, ya que los datos proporcionados son de gran importancia para el cálculo de la capacidad.

La aplicación de esta forma nos permite conocer de la ruta en estudio: su longitud, su tiempo de recorrido, su itinerario del recorrido, las poblaciones que sirve, y el horario y tipo de servicio que presta.

Otros datos necesarios de conocer son: la frecuencia de servicio, el número total de autobuses asignados y los que realmente operan en la ruta, el tiempo de permanencia de los autobuses en terminal, el promedio de pasajeros transportados por día, y el promedio de vueltas/día/autobús y km./día/autobús en la ruta.

Adicionalmente se requiere conocer las características generales de los autobuses que operan en la ruta considerando datos como tipo, marca, modelo, número de puertas y capacidad en número de asientos, esta información se amplía en el formato D-3.

Forma D-3 INVENTARIO DE AUTOBUSES OPERANDO EN LA RUTA.

Durante el desarrollo del presente trabajo se dijo que un factor importante para conocer la capacidad de transporte lo es la Capacidad del Vehículo, de esta manera, es importante conocer todas las características de los autobuses que están asignados y operando la ruta en estudio, así es importante distinguir de cada autobús: el número económico con que cuenta, el tipo de concesión concedida que puede ser: federal, estatal o local; el tipo de autobús, su marca, modelo, el número y posición de puertas con que cuenta y sobre todo, la capacidad del autobús medida en número de asientos y área para pasajeros que viajan de pie (en m^2) la que se contempla básicamente en el pasillo de la unidad.

Es importante mencionar que no toda la información requerida puede ser obtenida a través de la Empresa de Transporte, en el caso de información faltante para llenar la forma D-2, será necesario investigar sobre la operación de la ruta en estudio, mientras que para el formato D-3 será conveniente realizar un inventario físico de las unidades.

En el formato D-3 se incluye la información necesaria para llenar la forma D-2, así como la descripción de la ruta en estudio, la cual se divide en tramos y se detallan las características de los autobuses que operan en cada uno de ellos, así como la capacidad de los mismos, la cual se divide en número de asientos y área para pasajeros que viajan de pie.

En el formato D-3 se incluye la descripción de la ruta en estudio, la cual se divide en tramos y se detallan las características de los autobuses que operan en cada uno de ellos, así como la capacidad de los mismos, la cual se divide en número de asientos y área para pasajeros que viajan de pie.

En el formato D-3 se incluye la descripción de la ruta en estudio, la cual se divide en tramos y se detallan las características de los autobuses que operan en cada uno de ellos, así como la capacidad de los mismos, la cual se divide en número de asientos y área para pasajeros que viajan de pie.

En el formato D-3 se incluye la descripción de la ruta en estudio, la cual se divide en tramos y se detallan las características de los autobuses que operan en cada uno de ellos, así como la capacidad de los mismos, la cual se divide en número de asientos y área para pasajeros que viajan de pie.

FORMATO D.1 DATOS DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE

NOMBRE Y RAZON SOCIAL _____

DOMICILIO _____ TELEFONO _____

NUMERO DE CONCESIONES FEDERALES _____ ESTATALES _____ LOCALES _____

TIPO DE SERVICIO: INTERURBANO DE 1a. _____ 2a. _____

SUBURBANO _____

PORTA EQUIPAJE _____ CANASTILLA _____

TARIFAS: _____

PERSONAL: ADMINISTRATIVO _____ DE OPERACION _____ OTROS _____

RUTAS DE TRANSPORTE: _____

FLOTA VEHICULAR _____ ANTIGUEDAD PROMEDIO _____

HORARIO DE SERVICIO: _____

TIPO DE AUTOBUSES: _____

TOTAL DE PASAJEROS TRANSPORTADOS POR DIA: LUNES _____ MARTES _____

MIERCOLES _____ JUEVES _____ VIERNES _____ SABADO _____

DIA Y PERIODO DE MAXIMA DEMANDA: _____

FORMATO D.2 DATOS DE LA OPERACION DE LA RUTA

NOMBRE DE LA RUTA: _____

LONGITUD DEL RECORRIDO: DE IDA _____ KMS DE REGRESO _____ KMS

TIEMPO DE RECORRIDO: DE IDA _____ MIN DE REGRESO _____ MIN

ITINERARIO DEL RECORRIDO: DE IDA _____

DE REGRESO _____

POBLACIONES QUE SIRVE: _____

TIPO DE SERVICIO _____

HORARIO DE SERVICIO _____

FRECUENCIA DEL SERVICIO _____

No. DE AUTOBUSES: ASIGNADOS _____ EN OPERACION _____

TIEMPO DE PERMANENCIA EN TERMINAL _____ MIN.

PASAJEROS TRANSPORTADOS POR DIA (PROMEDIO) _____

PROMEDIO POR AUTOBUS VUELTAS/DIA _____ KMS/DIA _____

CARACTERISTICAS DE LOS AUTOBUSES ASIGNADOS A LA RUTA

TIPO	MARCA	MODELO	NO. DE ASIENTOS	NO. DE PUERTAS	OBSERVACIONES

FORMATO D.3 INVENTARIO DE AUTOBUSES OPERANDO EN LA RUTA

EMPRESA: _____ RUTA _____ CLASE _____
TIPO DE SERVICIO: _____

TOTAL DE AUTOBUSES: _____
FECHA: _____
ASIGNADOS _____ DIA _____ %
EN OPERACION _____ MES _____ %
AÑO _____

APENDICE "E"- FORMATOS PARA LA CAPACIDAD CALCULADA

Una vez efectuados los cálculos de la capacidad para una ruta específica, es conveniente que se integre un caudro en donde se resumen los resultados.

Este cuadro puede tener tres vertientes; la primera es por empresa, donde el cuadro muestra cada ruta que atiende la empresa y las diferentes capacidades dentro de las mismas, a manera de guía se presenta el formato E.1; la segunda es por ruta, donde se reúne a la empresas que prestan el servicio y se enlistan las capacidades por cada parada, el formato E.2 muestra un diseño que puede servir de base para crear uno propio.

Por último, el formato E.3 plantea las capacidades por ruta y empresa, de manera que se tiene un concentrado más específico que los dos anteriores.

Conviene insistir que la capacidad máxima de una ruta o empresa corresponde al menor valor calculado, es decir, que el punto crítico es la parada en donde sea menor la posibilidad de trasladar un número mayor de personas o vehículos en las condiciones actuales.

Para aumentar la capacidad es necesario implementar una serie de acciones en esos puntos, de manera que reduzcan el tiempo que se utiliza en el servicio a pasajeros.

Las acciones variarán en cada caso de acuerdo al problema presentado.

FORMATO E.1 CONCENTRADO POR EMPRESA

EMPRESA:

TIPO DE SERVICIO:

FECHA:

HORARIO:

NOTA: En las observaciones se debe marcar cual es la capacidad mínima, la capacidad total de una empresa es la suma de la de cada ruta.

FORMATO E.2 CONCENTRADO POR RUTA

RUTA: _____ HORARIO: _____

FECHA: _____

EMPRESA Y TIPO DE SERVICIO	LOCALIZACION PARADA	CAPACIDAD PAS/H/CARRIL	CAPACIDAD VEH/H/CARRIL	Observaciones

NOTA: En las observaciones debe marcarse la capacidad mínima por cada empresa, la capacidad total de una ruta es la suma de las mínimas.

FORMATO E.3 CONCENTRADO POR EMPRESA Y RUTA

EMPRESA: _____

TIPO DE SERVICIO:

RUTA: _____

HORARIO: 6:30 a.m. - 12:00 p.m. (lunes a viernes)

FECHA: _____

NOTA: En las observaciones se señalará en que parada es donde se obtuvo una menor capacidad, es conveniente que el horario sea de un período corto, de tal manera que se pueda localizar el lapso en que se encuentra la máxima demanda.

TERMINOLOGIA

A_n = Área neta disponible para pasajeros de pie por vehículo.

C = Tiempo total del ciclo.

C_P = Capacidad en pasajeros/hora/carril.

C_V = Capacidad en vehículos/hora/carril.

D = Tiempo de parada en servicio a pasajeros, en terminal.

D' = Tiempo de parada en servicio a pasajeros, en parada.

g = Tiempo de verde efectivo en un ciclo.

h = Intervalo de tiempo entre dos unidades consecutivas, en terminal.

h' = Intervalo de tiempo entre dos unidades consecutivas, en parada.

L = Tiempo de pérdida adicional debido a la deceleración y aceleración y formación de colas.

L_i = Metros cuadrados por pasajeros para el nivel i .

N = Autobuses/hora que efectúan parada.

n = Número de vehículos por unidad ($n=1$ en autobuses).

R = Factor de ajuste debido a las salidas y/o llegadas de la terminal, así como el tiempo de ascenso y/o descenso de los pasajeros.

S = Número de pasajeros por vehículo.

s_n = Número de asientos por vehículo.

t_c = Tiempo de despeje entre dos unidades consecutivas, en terminal.

$t_{c'}$ = Tiempo de despeje entre dos unidades consecutivas, en parada.

T_I = Pérdida de tiempo.

CIUDAD DE MEXICO

Av. Popocatépetl 506 B
Xoco-Benito Juárez
03330 México, D.F.
Tels. 688 76 29
688 76 03
Fax 688 76 08

SAN FANDILA

Km 4 + 000, Carretera
Querétaro-Los Galindo
76700 P. Escobedo, Qro.
Tels. (42) 16 97 77
16 96 46
16 95 97
Fax (42) 16 96 71