



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 11. N° 33
Diciembre 2018
www.eumed.net/rev/delos/33/index.html

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO EN FUNCIÓN DE LA TASA DE OCUPACIÓN Y EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE: CASO DE ESTUDIO IBARRA

Fredy A. Rosero Obando¹
farosero@utn.edu.ec

Christian E. León Cárdenas²
celeon@utn.edu.ec

Fausto E. Tapia Gudiño³
fetapia@utn.edu.ec

Ramiro A. Rosero Añazco⁴
rarosero@utn.edu.ec

Darwin H. Almeida Jimenez⁵
dhalmeida@utn.edu.ec

Bryan E. Cazares García⁶
becazares@utn.edu.ec

Eduardo V. Cuasapaz Celín⁷
evcuasapaz@utn.edu.ec

Universidad Técnica del Norte, Ibarra
Ecuador

¹ Magister en Ingeniería del Transporte, Diplomado Superior en Autotrónica, Ingeniero Automotriz. Docente en la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra – Ecuador.

² Magister en Ingeniería Automotriz, Ingeniero Mecánico. Docente en la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra – Ecuador.

³ Magister en Ingeniería Industrial y Productividad, Ingeniero Mecánico. Docente en la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra – Ecuador.

⁴ Master en Ingeniería de Automoción, Ingeniero Automotriz. Docente en la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra – Ecuador.

⁵ Magister en Ingeniería del Transporte, Ingeniero Mecánico, Docente en la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra – Ecuador.

⁶ Ingeniero en Mantenimiento Automotriz. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra – Ecuador.

⁷ Ingeniero en Mantenimiento Automotriz. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra – Ecuador.

CONTENIDO

Resumen	3
Abstract	4
1. Introducción.....	4
2. Fundamentación teórica.....	5
2.1. Estado del arte.....	5
2.2. Planeación del Transporte.....	6
2.3. Estudio de la demanda de pasajeros y vectores de generación de viajes.....	6
3. Metodología	7
3.1. Levantamiento de la Oferta Total de Transporte Urbano.....	7
3.2. Caracterización de la flota vehicular.....	8
3.3. Caracterización de las rutas de buses.....	8
3.4. Caracterización de la ciudad	9
3.5. Determinación de las variables de estudio.....	11
3.6. Procedimiento para levantar los datos de la demanda	13
3.6.1 Metodología para el ascenso y descenso de pasajeros.....	14
3.6.2. Modelo de la Encuesta	14
4. Análisis de resultados	15
4.1. Análisis de la flota vehicular	15
4.2. Análisis de las rutas urbanas.....	16
4.3. Análisis de la oferta del servicio público.....	16
4.4. Análisis de la demanda de pasajeros.....	17
4.4.1. Demanda de pasajeros: días laborables y fines de semana.....	17
4.4.2. Demanda de pasajeros promedio semanal.....	18
4.4.3. Demanda de pasajeros por kilómetro.....	18
4.4.4. Demanda de pasajeros por franja horaria	20
4.5. Análisis de la Tasa de Ocupación	21
4.6. Consumo de combustible en función de la tasa de ocupación	23
5. Conclusiones.....	24
6. Referencias	26

RESUMEN

El presente estudio tiene como objeto determinar la tasa de ocupación de las rutas de buses urbanos en la ciudad de Ibarra”, con la finalidad de determinar el consumo de combustible vs. la tasa ocupacional del transporte urbano. El estudio se lo realizó para las dos Cooperativas de la ciudad de Ibarra: “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra” que conjuntamente proporcionan a la ciudadanía las veinte y dos rutas y sus respectivas frecuencias durante la semana. Para determinar la demanda de pasajeros se levantó la información con una metodología de ascenso y descenso de pasajeros dividiendo la semana en dos partes: lunes a viernes (Días Laborables); sábados y domingos (Fin de Semana), los días laborables se monitorearon 3 buses por cada una de las rutas, siendo los días seleccionados, lunes y jueves. En cuanto a fines de semana se monitoreó un bus por ruta los días sábado y domingo. Para el análisis de datos se empleó una hoja de cálculo electrónica que permitió ordenar y procesar todos los datos obtenidos. Como resultado, se obtuvo, Número de personas diaria por ruta, estimación de personas de acuerdo a la franja horaria, pasajeros que transporta el autobús por kilómetro de recorrido y número de personas por galón de combustible. De esta manera se determinó la eficiencia de las rutas con respecto al consumo de combustible. En las horas pico aumenta el flujo de pasajeros en un entorno congestionado de vehículos, resultados interesantes en las rutas de frecuencia regular se encontró que la ruta Sta. Isabel-Huertos Familiares, la que tiene mayor demanda de pasajeros con un valor de 15 382 personas entre semana y 15 891 para los fines de semana en cambio la ruta con menor demanda de pasajeros es Colinas-Aduana con un valor de 2475 pasajeros en días laborables y 1540 en fines de semana. En promedio se determinó que la tasa de ocupación de un bus en el transporte urbano de la ciudad de Ibarra es de 18 pasajeros para un vehículo que tiene una capacidad de 65 pasajeros entre sentados y parados lo que significa un rendimiento del 27.5%. Entre las rutas de frecuencia regular, la ruta con mayor tasa de ocupación es Aloburo con un 38% en cambio la ruta con menor tasa de ocupación fue 19 de Enero-Odilas con un valor del 20.6% respectivamente. Sin embargo, para establecer cuál de las rutas es la mejor se optó por determinar de acuerdo con la eficiencia de consumo de combustible que juntamente con el número de pasajeros transportados por kilómetro, donde se concluyó que la ruta Palmas – Los Ceibos mueve 87 (personas/ semana x galón de combustible) en contraposición la ruta Colinas-Aduana tiene un rendimiento de 24 (personas/ semana x galón de combustible).

Palabras Clave— tasa de ocupación, autobuses urbanos, pasajeros, promedio, diario estimado, oferta, demanda, rutas.

Clasificación JEL: L92,L62, R41, R48

ABSTRACT

The foregoing study has to determine the occupation rate of the urban buses routes in the city of Ibarra, therefore the fuel consumption vs. occupation rate was established for the urban transport. The study was made for the two transport companies from Ibarra: “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra” , which together serve with twenty two routes with its frequencies during the week. Data was obtained by means of a methodology of passenger input and output, weekdays were divided in work days (Monday thru Friday) and weekends (Saturdays and Sundays); 3 buses for each one of the 22 routes were monitored for weekdays, Monday and Thursday were selected. A single bus for each route was monitored on Saturday and Sunday. Data was analyzed by means of a spreadsheet, which allowed to process and ordinate the values. As result, the daily total number of passengers per route, the estimated total of passengers per time zone, total number of passengers per kilometer per bus route, and total passengers per fuel gallon were obtained. With this, the efficiency of each bus route regarding fuel consumption was determined. During rush hours the passenger flux increases in a vehicle-congested environment, resulting that the regular route of Sta. Isabel-Huertos Familiares as the highest demanded route with 15 382 passengers during weekdays, and 15 891 passengers for weekends; whereas the lowest demanded route was Colinas-Aduana with 2 475 passengers during weekdays and 1 540 people during weekends. The average occupation rate for a urban bus in Ibarra is of 18 passengers for a unit which has a total capacity of 65 people, which means a performance of 27.5%. The regular route with the highest occupation rate were Aloburo with 38%, meanwhile the lowest occupation rate was for 19 de Enero-Odilas route with 20.6%. Nevertheless, fuel consumption efficiency together with the total number of passengers per kilometer was determined in order to find out the most fuel efficient route; Palmas – Los Ceibos route was found to move 87 passengers per fuel gallon per weekdays, contrasting with Colinas-Aduana route with a performance of just 24 passengers per fuel gallon per weekdays.

Keywords — occupation rate, urban buses, public transport, passengers, average, daily estimate, offering, demand, routes.

JEL classification: L92,L62, R41, R48

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Ibarra se encuentra localizada en la sierra norte del Ecuador ubicada a una altura de 2200 msnm, se encuentran en constante expansión territorial y habitacional; según datos preliminares del VI Censo de población del país ubica a Ibarra en el puesto 14 entre las ciudades más pobladas del país con 181 175 (INEC, 2010). A consecuencia de esto, varios barrios y zonas

rurales se han incorporado al área urbana por lo tanto fue necesario reestructurar las rutas y frecuencias en los buses urbanos. Existen actualmente 22 rutas de buses para el servicio del transporte público.

En la provincia de Imbabura la tasa de crecimiento vehicular está situada en un 5.24% sobre el nivel nacional que es del 10,08% (INEC, 2016), lo que genera varias hipótesis como asumir que cada año muchas personas adquieren vehículos con fines de movilización personal lo que conlleva a utilizar probablemente menos los buses de servicio urbano, reduciendo así el tiempo de viaje notoriamente. Un problema del servicio de transporte urbano es la deficiente distribución de sus rutas aumentando las distancias y tiempos de viaje.

En la realidad se observa la sobreposición de recorridos que originan congestión del tránsito de buses urbanos en el hipercentro de la ciudad, con ello se reduce la eficiencia de la capacidad operativa del servicio público en función del incremento de tiempo de desplazamiento y cumplimiento de las frecuencias; del mismo modo condicionan la circulación del tránsito de automotores semi pesados, livianos, motocicletas y bicicletas (SIGETRANS, 2015).

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Estado del arte

El transporte público para ser sostenible necesita ocupar vehículos acordes a la capacidad que ofrezcan; interesa que el transporte público no circule prácticamente vacío a la ida y a la vuelta para cumplir con su función social y ecológica, generalmente, el transporte público y el vehículo particular rondan ocupaciones medias del 20 % de su capacidad en zona urbana (Islas, Rivera, Torres, 2002).

La demanda de servicios en general dependerá en buena medida de la entrada de los clientes y del precio de un servicio en particular, relativo a otros precios. Por ejemplo, la demanda de viajes dependerá del ingreso del viajero, mientras que la selección del modo de transporte queda sujeta a una serie de factores tales como el propósito del viaje, distancia por recorrer e ingreso del viajero (Posada, Gonzáles, 2010).

Otro eje fundamental es la oferta del transporte público, el cual viene dado en función a la cantidad de bienes o servicios que un productor desea ofrecer a un precio determinado, así, para el caso de una empresa que ofrece un servicio de transporte de pasajeros, la función de servicio estará dada por la cantidad de autobuses-kilómetro ofrecidos a determinada tarifa (Posada, Gonzáles, 2010).

Una ineficiente operación del sistema de transporte público se realiza cuando los vehículos hacen paradas en lugares prohibidos, utilizando carriles no destinados para su circulación además existe deficiente señalización, etc., lo cual provoca que se incrementen los costos generalizados de viaje (CGV) para los vehículos particulares. (Meixueiro, Pérez, 2009)

El impacto medioambiental aumenta ya que la ineficiencia del transporte público y privado contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero globales, en especial

en países en vías de desarrollo, debido a un rápido aumento en el parque vehicular privado (Z. Wang et al, 2015).

El transporte urbano de pasajeros es uno de los objetivos más grandes, para poder reducir las emisiones de carbono debido a la posibilidad de cambio modal en términos de volumen total. Para encontrar valores de emisiones por pasajero, la carga de estos, o la ocupación del bus será inversamente proporcional a las emisiones. También se encontró que esta influencia depende de la pendiente de la vía, ya que la influencia de la carga de pasajeros en las emisiones totales generadas es mayor si la pendiente de la vía es más grande. (Yu, Li, 2015)

Un estudio de consumo de combustible en buses (Frey, Roupail, Zhai, Li, 2007) concluyó que para buses de tránsito diésel, la carga de los pasajeros no debería ser ignorada para una adecuada estimación del consumo de combustible y de las emisiones totales, ya que la carga total cambia durante el viaje, particularmente en rangos de velocidad media a alta. Un incremento en la carga de pasajeros podría incrementar los datos de consumo de combustible y de emisiones totales.

De acuerdo a estudios previos, (Yu, Li, 2012), en segmentos de velocidad más bajos, existen variaciones significativas de factores de consumo de combustible y de emisiones en estos segmentos, debido al número de eventos stop-go, y a la velocidad promedio más baja, lo cual denota en valores más altos de consumo y emisiones

2.2. Planeación del Transporte

El régimen del transporte se encarga de establecer los generadores de viaje, la distribución de viajes, la selección del modo de transporte y la selección de las rutas con la finalidad de proporcionar una óptima prestación del servicio de transporte público.

La planeación del transporte abarca diversos problemas y procedimientos que varían de acuerdo con el nivel en que se lleve a cabo y el tipo de necesidad a satisfacer, la planeación la efectúan diversos organismos en diferentes niveles, así como las empresas privadas, incluidas las que proporcionan y las que utilizan los sistemas de transporte (Cal, Mayor, & Asociados, 2005).

2.3. Estudio de la demanda de pasajeros y vectores de generación de viajes

El análisis de la demanda de transporte es uno de los aspectos básicos dentro del sistema de transporte urbano, debido a que permite analizar los requerimientos de ésta en cuanto a la oferta vial que se debe suministrar en la ciudad y es la base de los procesos de planeación que deben considerarse en un intervalo de tiempo determinado (Cal, Mayor, & Asociados, 2005).

Es una disposición a pagar por parte de los consumidores por haber hecho uso de un servicio de transporte, el estudio de la demanda es una relación directa con los usuarios debido a que por medio de ellos se puede cuantificar el uso del transporte en una ciudad determinada.

En buena medida, la movilidad interna de un núcleo urbano se explica por las demandas de viajes que forjan los elementos generadores y atractores de viajes, los centros atractores en función de su relevancia, entidad y situación, generan un número elevado de viajes (SIGETRANS, 2015).

Un número elevado de viajes se puede dar por motivos diferentes, los cuales puede ser: compras de productos que se realicen diariamente en una zona determinada, si se tratase de productos comerciales, por necesidades laborales en la cuestión de áreas industriales, empresas grandes, direcciones públicas, o por motivos escolares en el caso de transporte de estudiantes. Los vectores de generación de viajes están esencialmente en áreas residenciales.

3. METODOLOGÍA

La metodología del estudio presente está conformada por 8 etapas que se describen en la Fig.1

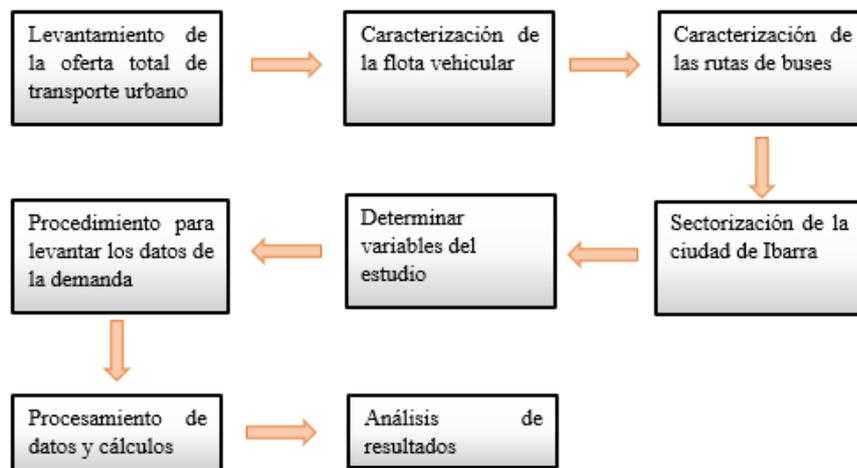


Figura. 1. Etapas de la Metodología

3.1. Levantamiento de la Oferta Total de Transporte Urbano

La oferta del estudio del transporte urbano se determinó con base en las Cooperativas “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra”, siendo estas las respectivas para brindar el servicio de transporte urbano a la ciudad con veinte y dos rutas permanentes laborando diariamente.

Se obtuvieron los datos del área interna del autobús mediante una evaluación del área física de 165 autobuses, con lo que se estimó la capacidad máxima de pasajeros que pueden ir de pie en cada unidad, a este valor se le añadieron el número de asientos disponibles en cada unidad de transporte.

3.2. Caracterización de la flota vehicular

Para realizar la caracterización de la flota vehicular de los buses de transporte de la ciudad de Ibarra, se tomó en cuenta las dos Cooperativas vigentes en la ciudad: “Cooperativa San Miguel de Ibarra” y “Cooperativa 28 de Septiembre”. La información de la flota vehicular se determinó mediante una encuesta. Actualmente existen en circulación 287 vehículos, 160 corresponden a la Cooperativa “28 de Septiembre” y 127 a la Cooperativa “San Miguel de Ibarra” (Rosero, León, Mera, Rosero, 2017).

De acuerdo con la caracterización de la flota vehicular, cabe señalar dentro del estudio la caracterización de acuerdo al modelo del bus que este parámetro será útil para la obtención del cálculo de consumo de combustible para la flota vehicular, como expuesto en la Tabla I.

TABLA I. MODELOS DE LA FLOTA VEHICULAR

MODELO	SAN MIGUEL DE IBARRA	28 DE SEPTIEMBRE
CHEVROLET FTR 32M	51	97
CHEVROLET CHR 7.2	21	25
HINO FD2HPSZ	1	8
HINO FF1JPSZ	6	3
HINO RK1JSTL	13	1
HINO GD11PTZ	0	11
MERCEDES BENZ OF1721/59	6	7
VOLKSWAGEN 17210	18	5
VOLVO SVELTO	5	0
OTROS	6	3
SUBTOTAL	127	160

La información muestra que los vehículos más utilizados por las compañías son de las marcas Chevrolet, con el 67 %, Hino con el 15%, y Volkswagen con el 8%.

En cuanto a la antigüedad de la flota, se pudo observar que, de ambas compañías, los vehículos en su mayoría corresponden al año 2002 con un 27.8% y 2003 con un 25.4%.

La edad promedio de la flota de vehicular analizada en la ciudad de Ibarra es de 15 años.

3.3. Caracterización de las rutas de buses

La ciudad de Ibarra cuenta con dos Cooperativas que brindan el servicio de transporte público con un total de 22 rutas existentes. La Cooperativa “28 de Septiembre” proporciona a la ciudadanía de 13 rutas, mientras que la Cooperativa “San Miguel de Ibarra” alimenta con 9 rutas a la ciudad, estas rutas fueron planificadas de acuerdo a un orden cronológico en base a su demanda inicial.

Esta etapa ofrece datos de las rutas como: tiempo de viaje y distancia total de cada ruta por ciclo; así como se muestra en la Tabla II.

Todas las rutas de la ciudad son diseñadas con una sola parada inicial o de fin de línea, por lo que los datos mostrados en la Tabla II corresponden a valores tomados desde estas estaciones iniciales.

TABLA II. CARACTERIZACIÓN DE LAS RUTAS DE IBARRA

Operadora	Ruta	Distancia (km)	Tiempo Promedio
28 de Septiembre	Aloburo	20,38	1h 10min
	Arcángel - San Cristóbal	35,26	2h 00min
	Azaya - La Campiña	19,23	1h 40min
	Caranqui - Aduana	26,75	1h 50min
	El Carmen - Bellavista	23,82	1h 15min
	Católica - Alpachaca	17,09	1h 30min
	Chorlaví - La Victoria	33,71	2h 10min
	Milagro - Yahuarcocha	34,84	2h 05min
	Naranjito	21,63	1h 40min
	Las Palmas - Los Ceibos	19,35	1h 33min
	Pugacho - Santa Teresita	19,04	1h 38min
	Santa Rosa - Los Ceibos	22,89	1h 50min
	Tanguarín - Aduana	36,41	2h 25min
San Miguel de Ibarra	Caranqui - Universidades	20,59	1h15min
	Chugchupungo - Florida	24,27	1h50min
	Colinas del Sur - Aduana	25,85	1h40min
	Ejido de Caranqui - Miravalle	28,45	2h00min
	La Esperanza – Hospital Seguro	24,04	1h55min
	19 de Enero - Odilas	29,08	2h10min
	Santa Isabel – H. Familiares	39,22	2h30min
	Santa Lucía - La Victoria	23,99	1h45min
Santo Domingo - Universidades	30,27	2h00min	

La objetividad de tener la distancia en kilómetros de cada una de las rutas tiene validez para conjeturar un parámetro de número de personas que se puede movilizar en cuanto a kilómetros. Con esta finalidad se procederá a tener resultados de la eficiencia de las rutas acorde al movimiento de personas por kilómetros.

3.4. Caracterización de la ciudad

Las veinte y dos rutas existentes están distribuidas por todo el Cantón de Ibarra, y de la misma manera una contabilización de las paradas existentes. Como se muestra en la figura 2, las 22 rutas cubren todo el Cantón de Ibarra, de Norte a Sur y de Este al Oeste, tomando en cuenta que existen rutas con un recorrido más largo que otras que tienen un recorrido más centralizado.



Fig. 1. Rutas de Transporte Urbano - Cantón Ibarra (Quilumba, 2015)

La caracterización la ciudad de Ibarra se realizó con la finalidad de dimensionar adecuadamente las zonas con mayor atracción de viajes en la ciudad, y así poder analizar la tasa de ocupación por cada parada.

Inicialmente se realizó una distribución de la ciudad en cuadrantes iguales de acuerdo con su longitud y latitud, sin embargo, la irregularidad topográfica de ésta, y la particularidad del diseño de cada ruta existente hizo que muchas rutas pasaran por muchos cuadrantes provocando que los datos que se obtenga no sean factibles para analizar la oferta y demanda en ciertos sectores de la ciudad, por lo que se descartó esta distribución.

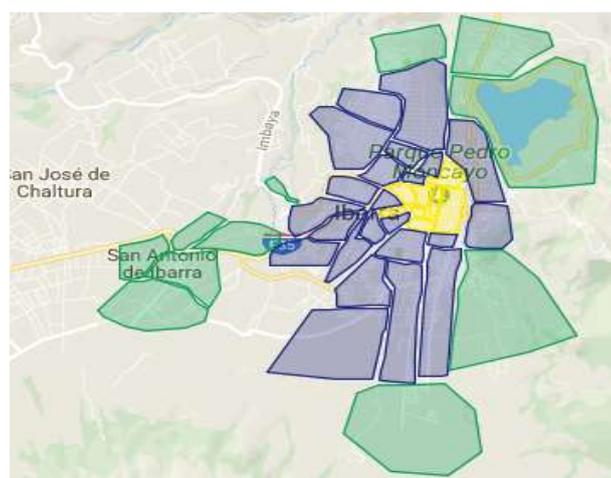


Fig. 2. Sectorización de la Ciudad de Ibarra

Como se observa en la Figura 3, toda la ciudad se sectorizó de acuerdo con ciertos parámetros relacionados con el estudio de transporte. Toda la sectorización de color amarillo hace referencia a

la parte del Hipercentro de la ciudad, la zona urbana se resaltó con color azul y finalmente la sección de color verde engloba la zona periférica de Ibarra. La zona periférica envuelve a toda la ciudad en sus alrededores, mientras el Hipercentro está rodeada por la zona urbana de la misma.

3.5. Determinación de las variables de estudio

Para determinar las variables de estudio, se tomó en cuenta la oferta y demanda del servicio público de la ciudad de Ibarra, siendo estas las principales variables. Entre las variables y parámetros referenciales tenemos:

- Tasa ocupacional por sectores
- Tiempo [s]
- Distancia recorrida en cada viaje [m]
- Número de autobuses
- Número de días de estudio

A partir de estos parámetros se determinan las variables que se ilustran a continuación:

- Tasa de ocupación promedio (E/S y F/S)
- Tasa de ocupación diaria estimada
- Consumo de combustible de la flota
- Pasajeros por kilómetro de recorrido
- Pasajeros por galón de combustible

En cuanto a la tasa de ocupación promedio se determina en función de la sumatoria del número de personas para un determinado bus. La Ecuación 1 se aplicó para tener dichos valores.

$$Tasa\ de\ Ocupación_{promedio} = \sum_{j=1}^n \frac{N}{B} \quad [1]$$

Donde:

j: flota vehicular

N: número de personas

B: número de buses

Para la tasa de ocupación diaria estimada, se trabajó con la Ecuación 2, la cual se encuentra en función de la sumatoria de la tasa ocupacional promedio y las vueltas levantadas y totales del trabajo diaria de los buses de la ciudad de Ibarra.

$$Tasa\ de\ Ocupación_{D,E} = \sum_{j=1}^n Tasa\ de\ Ocupación_{promedio} \times \frac{vueltas\ totales}{vueltas\ levantadas} \quad [2]$$

Donde:

D.E: diaria estimada

j: zonas de la ciudad de Ibarra

Finalmente, luego de la aplicación de todas las fórmulas antes mencionadas, se llegó a la tasa de ocupación promedio semanal. La Ecuación 3 representa el valor de la misma, la cual está en función de la tasa de ocupación entre semana (lunes – viernes) y tasa de ocupación fin de semana, siendo como resultado la suma de las mismas.

$$Tasa\ de\ Ocupación_{semanal} = (Tasa\ de\ ocupación_{E/S} \times 5) + (Tasa\ de\ ocupación_{F/S} \times 2) \quad [3]$$

Donde:

E/S: entres semana (lunes y jueves)

F/S: fin de semana (sábado y domingo)

Es importante tener una relación del consumo de combustible de la flota vehicular, debido a que de esta manera se logra determinar conjuntamente con la demanda de pasajeros si cada una de las rutas es favorable en relación kilómetro/galón de combustible.

Para la determinación del valor de consumo estimado km/gal se utilizó la Ecuación 4:

$$Consumo\ de\ combustible = \left(\frac{Distancia\ recorrida \times Vueltas\ del\ bus}{Gasto\ de\ combustible} \right) \times K \quad [4]$$

Donde:

K: Constante

Esta constante k, es el uso que tiene cada unidad de transporte público para trasladarse de un lugar a otro.

La Ecuación 5 se aplicó para generar el resultado de pasajeros por kilómetro entre semana (lunes – viernes), en función del número de personas que utilizan el transporte urbano entre semana y el promedio de vueltas que trabaja el bus de acuerdo a la ruta.

$$P/k_{E/S} = \sum_{d=1}^n \frac{P_{E/S}}{\frac{V}{D}} \quad [5]$$

Donde:

P/k: personas por kilómetro

E/S: entres semana

d: días que se levantaron los datos

P_(E/S): número de personas entre semana

V: promedio de vueltas levantadas entres semana

D: distancia de la ruta en kilómetros

En la Ecuación 6 se muestra la operación para obtener el resultado de personas por kilómetro para los fines de semana, en función del número de personas que utilizan el transporte urbano fin de semana y el promedio de vueltas que trabaja el bus de acuerdo a la ruta.

$$P/k_{F/S} = \sum_{d=1}^n \frac{P_{F/S}}{V/D} \quad [6]$$

Donde:

P/k: personas por kilómetro

F/S: fin de semana

d: días que se levantaron los datos

P(F/S): número de personas fin de semana

V: promedio de vueltas levantadas fines de semana

D: distancia de la ruta en kilómetros

Para tener el dato semanal de las personas por kilómetro se aplica la Ecuación 7, en donde se tomó como referencia las personas por kilómetro de entre semana y fin de semana dividiendo para el número de días que tiene toda la semana.

$$P/k_{semanal} = \frac{(P/k_{E/S} \times 5) + (P/k_{F/S} \times 2)}{7} \quad [7]$$

Donde:

P/k] semanal: personas por kilómetro semanal

(P/k] (E/S)): personas por kilómetro entre semana

(P/k] (F/S)): personas por kilómetro fines de semana

En la Ecuación 8, se determinó los pasajeros por galón de combustible semanal, tomando como referencia la suma de pasajeros por galón entre semana y pasajeros por galón fin de semana, realizando la distribución de días ejecutados entre semana y fin de semana para el respectivo cálculo.

$$Pasaj/Gal. = \sum P/k \times Promedio_{Consumo\ de\ Combustible} \quad [8]$$

Donde:

Pasaj/Gal. : Pasajeros por galón de combustible

P/k : Pasajeros por kilómetro entre de semana.

3.6. Procedimiento para levantar los datos de la demanda

Para conseguir una metodología adecuada acorde a la demanda de pasajeros con respecto al tema de estudio se revisaron varios factores para que en el transcurso se los pueda realizar y

obtener los datos requeridos para el análisis de la tasa de ocupación de los buses urbanos de la Ciudad de Ibarra. La metodología que se utilizó fue el conteo de ascenso y descenso de pasajeros a bordo.

3.6.1 Metodología para el ascenso y descenso de pasajeros

Según (Rosero, 2017) el levantamiento de información de ascenso y descenso de pasajeros debe realizarse en períodos de alta y baja demanda de pasajeros; este procedimiento permitió conocer la rotación de la demanda que se presenta a lo largo de una ruta de transporte público y las cargas de pasajeros en los diferentes tramos que la conforman, identificar los puntos de máxima demanda, en el itinerario de la ruta, determinar los pasajeros movilizados por viaje de la ruta en estudio y, con complemento de datos de otros estudios, parámetros como el índice de pasajeros por kilómetro y los ingresos de la ruta.

Ejecución

Para realizar la ejecución del trabajo hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Definir las rutas a evaluar.
- Tener el conocimiento del inventario de las rutas y de esta manera analizar puntos más afluentes para programar el personal.
- Definir el personal necesario y posteriormente capacitarlo

Una vez establecido el proceso a seguir para la recolección de información, se tomó en cuenta las rutas de las dos cooperativas existentes en la ciudad de Ibarra, San Miguel de Ibarra y 28 de Septiembre, se analizaron las 22 rutas existentes en la ciudad de Ibarra, proceso que se realizó periódicamente en dos semanas.

En cada ruta, el bus realiza determinadas paradas para que las personas hagan uso de este servicio, por tanto, para realizar la recolección de datos se realizó la sectorización de toda la ciudad de Ibarra, presentada anteriormente, y por tanto de esta manera los aforadores podrán saber en qué parte de la ciudad se subieron y de la misma manera en que sector de la ciudad se bajaron.

De acuerdo a la distribución de los aforadores, por cada una de las rutas se necesitará la presencia de 12 personas, por consiguiente, para las 12 primeras rutas a levantar será necesario de 144 personas diarias para el levantamiento de datos en los días lunes y jueves.

3.6.2. Modelo de la Encuesta

Se desarrolló una encuesta que permita plasmar los datos pertinentes a las variables necesarias para el estudio de oferta y demanda. Un punto importante considerado en la encuesta son las paradas por donde transita la ruta, los aforadores registraron las personas que suben y bajan en cada parada del trayecto. Además, se cuenta con datos de el número de vuelta de la unidad analizada, la fecha del análisis, y la hora de partida y arribo a la estación de inicio.

La información recopilada en la encuesta fue trasladada a una hoja de cálculo digital, en donde fue ordenada de acuerdo a la ruta, frecuencia, número de bus, día de la semana y franja horaria.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Análisis de la flota vehicular

La flota vehicular determina la oferta del servicio de transporte público de la ciudad de Ibarra; el análisis se lo realizó en función de las dos cooperativas existentes, “San Miguel de Ibarra” y “28 de septiembre” debido a la variedad de marcas y modelos que comprenden la flota vehicular.

TABLA III. AUTOBUSES COOP. SAN MIGUEL DE IBARRA

Cooperativa San Miguel de Ibarra		
Marca	No. de autobuses	%
Chevrolet	72	57%
Hino	20	16%
Volkswagen	18	14%
Hyundai	1	1%
Mercedes Benz	6	5%
Man	1	1%
Volvo	5	4%
King Long	1	1%
Scania	1	1%
Jiangte	2	2%
Total de autobuses	127	100%

La Tabla III muestra la distribución de los 127 vehículos de la cooperativa San Miguel de Ibarra, el claro posicionamiento de la marca Chevrolet con 57%, seguido de Hino y Volkswagen con 15.7% y 14.2%.

TABLA IV. AUTOBUSES COOP. 28 SEPTIEMBRE

Cooperativa 28 de septiembre		
Marca	No. de autobuses	%
Chevrolet	114	71%
Hino	23	14%
Volkswagen	4	3%
Isuzu	9	6%

Hyundai	2	1%
Mercedes Benz	7	4%
Man	1	1%
Total autobuses	160	100%

En cuanto a la distribución por fabricante de los 160 autobuses de la Cooperativa “28 de Septiembre” de acuerdo a la Tabla IV, Chevrolet igualmente predomina con 71.3%, seguido de Hino con 14.4%.

4.2. Análisis de las rutas urbanas

Se recopiló información de las 22 rutas existentes en la ciudad según la distancia total de recorrido de cada una. Figura 4.

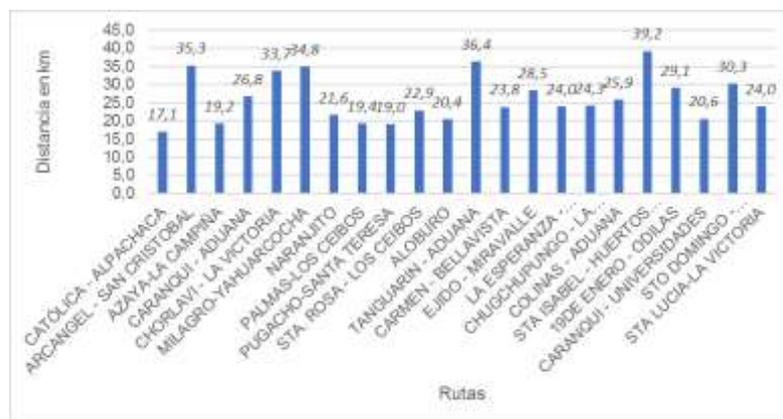


Fig. 3. Distancia de las rutas

Se determinó que las rutas con mayor recorrido son: Arcángel – San Cristóbal, Chorraví – La Victoria, Milagro – Yahuarcocha, Tanguarín – Aduana y Sta. Isabel Huertos Familiares. En primera instancia, se asumirá que estas rutas deberían también abastecer a mayor número de pasajeros con respecto a las demás rutas.

4.3. Análisis de la oferta del servicio público

La oferta se basa principalmente a la caracterización de buses urbanos de la ciudad de Ibarra, tomando como referencia la capacidad de cada uno de los buses y de esta manera determinar la capacidad total de los buses unificando las Cooperativas “28 de septiembre” y “San Miguel de Ibarra”. Se encontró que el total de la capacidad de personas que puede transportar un autobús es de 69 personas con lo que respecta al modelo Mercedes Benz y Volkswagen, en cuanto las demás marcas tienen unas variaciones muy estrechas en cuanto a la capacidad de personas total del autobús con un margen de aumento o disminución de la capacidad por modelo de aproximadamente del 2%. Para la determinación de la oferta se unificaron las cooperativas sacando un promedio de la capacidad de personas sentadas y de pies, considerando una relación de 4 pasajeros por m² para los pasajeros de pies.

En base a la Tabla V se determinó la oferta promedio del servicio público, por unidad

TABLA V Oferta del servicio público

Oferta del servicio público vehicular		
No. asientos	Cap. De Pies	Cap. Total
36	29	65

4.4. Análisis de la demanda de pasajeros

Para dar una valoración del nivel de servicio de una ruta es importante determinar la demanda de pasajeros, este valor cuantitativo muestra la eficiencia de cada ruta, además de cuantificar la demanda del servicio que se presta de acuerdo con la oferta existente. A continuación, se muestran los parámetros tomados en cuenta para calcular esta demanda.

4.4.1. Demanda de pasajeros: días laborables y fines de semana

Se analizó la demanda entre fines de semana y días laborables, debido a que el comportamiento entre fin de semana cambia en relación a la ocupación del servicio de transporte público para estos días. Los resultados se muestran en la Tabla VI.

TABLA VI. DEMANDA DE PASAJEROS

Ruta	Coop.	Promedio Diario Estimado de pasajeros			Total estimado
		Días Laborables	Fin de semana	Relación FS / DL	Semanal
Sta Isabel - Huertos Familiares	SMI	15382	15891	1.03	108692
Azaya-La Campiña	28S.	14247	9702	0.68	90639
Palmas-Los Ceibos	28S.	11603	7145	0.62	72305
La Esperanza - Hosp.Del Seguro	SMI	11028	5121	0.46	65382
Ejido - Miravalle	SMI	10838	6618	0.61	67426
Católica - Alpachaca	28S.	10150	5687	0.56	62124
Tanguarin - Aduana	28S.	9715	8198	0.84	64971
Caranqui - Aduana	28S.	9491	7362	0.78	62179
Milagro-Yahuarcocha	28S.	9040	9179	1.02	63558
Sto Domingo - Universidades	SMI	7817	5249	0.67	49583
19de Enero - Odilas	SMI	7760	7382	0.95	53564
Chorlavi - La Victoria	28S.	7565	5667	0.75	49159
Chugchupungo - La Florida	SMI	7083	4908	0.69	45231
Sta Lucia-La Victoria	SMI	6471	2553	0.39	37461
Pugacho-Santa Teresa	28S.	6286	3375	0.54	38180
Sta. Rosa - Los Ceibos	28S.	5981	4971	0.83	39847
Arcangel - San Cristobal	28S.	2658	2158	0.81	17606
Colinas - Aduana	SMI	2475	1540	0.62	15455
Caranqui - Universidades	SMI	1281	0	0.00	6405
Naranjito	28S.	650	457	0.70	4164
Aloburo	28S.	343	140	0.41	1995
Carmen - Bellavista	28S.	234	175	0.75	1520

Se analizó la relación de la demanda de pasajeros para Fines de semana respecto a los días laborables para cada ruta, obteniendo una relación promedio general de 70% para todas las rutas; esto quiere decir que en promedio existe una demanda 30% menos para los fines de semana, en relación con los días laborables.

Se observó que la ruta que tiene mayor demanda de pasajeros es Sta Isabel-Huertos Familiares, con un valor de 15 382 personas entre semana y 15 891 personas los fines de semana. Otras rutas con una alta demanda de pasajeros son; Católica-Alpachaca, Azaya-La Campiña, Milagro-Yahuarcocha, Palmas-Los Ceibos, Ejido–Miravalle, La Esperanza - Hosp. del Seguro.

4.4.2. Demanda de pasajeros promedio semanal

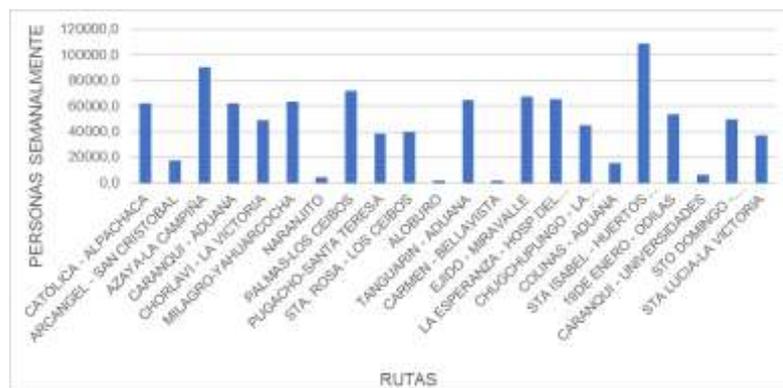


Fig. 4. Demanda de pasajeros promedio diario estimado semanal

Consolidando los datos anteriores para obtener la demanda de pasajeros semanal como lo muestra la Figura 5, la ruta Sta. Isabel-Huertos Familiares sigue predominando ante las demás rutas con un total semanal de 108 692 personas. Siendo esta, considerada como una de las mejores rutas. La ruta Azaya-La Campiña precede de la ruta anterior con un total de 90 640 personas semanalmente, siendo esta también una de las rutas que transporta más personas semanalmente.

Las demás rutas que mostraron una demanda importante son: Palmas-Los Ceibos (72 304), Ejido-Miravalle (67 427), La Esperanza-Hosp. del Seguro (65 385), Católica-Alpachaca (62 123), Tanguarín-Aduana (64 969) y Milagro-Yahuarcocha (63 558)

4.4.3. Demanda de pasajeros por kilómetro

Para determinar el indicador de pasajeros por kilómetro, de la caracterización de las rutas se tomaron los datos de la distancia de cada una de las rutas y número total de vueltas levantadas en las encuestas. Los parámetros entre semana y fin de semana son separados para poder analizar este parámetro tomando en cuenta estas consideraciones.

La demanda de pasajeros por kilómetro determina el número total de personas promedio que se encuentran utilizando la unidad de transporte durante el trayecto de esta.

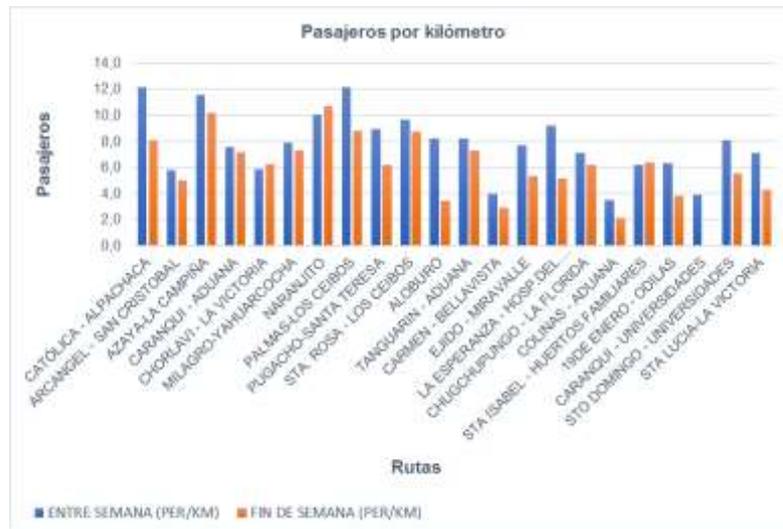


Fig. 5. Demanda de pasajeros por kilómetro (E/S y F/S)

La Figura 6 muestra que la ruta Católica-Alpachaca y Palmas-Los Ceibos otorgan un valor de 12 personas/kilómetro, siendo estas rutas las más utilizadas durante su trayectoria entre semana. Seguidamente se presenta a la ruta Azaya-La Campiña con un valor de 12 personas/kilómetro. En cuanto a la ruta con menor densidad es Colinas-Aduna con 3 personas/kilómetro. Las demás rutas restantes tienen valores de densidad de movilización medias respectivamente.

En cuanto a los fines de semana, las rutas con los valores de personas/kilómetro más altos fueron: Naranjito y Azaya-La Campiña con 11 y 10 personas/kilómetro respectivamente. Seguidamente se tiene la ruta Palmas-Los Ceibos y la ruta Sta. Rosa-Los Ceibos con 9 personas/kilómetro. Se observó que la ruta Católica-Alpachaca muestra un valor de 8 personas/kilómetro, mostrando un buen desempeño de ésta en cuanto a los fines de semana. En esta ruta se demuestra que existe variación de la demanda de pasajeros de acuerdo con el tipo de día y no es lo mismo la utilización del servicio de transporte urbano por parte de las personas entre semana y fin de semana.

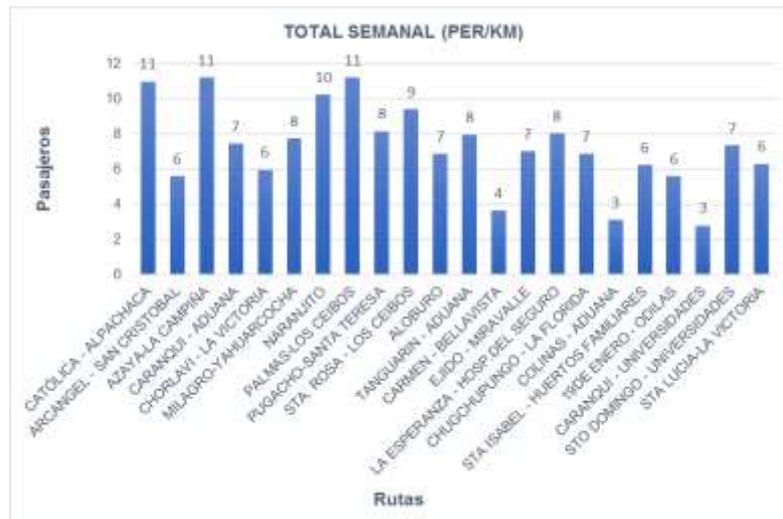


Fig. 6. Demanda de pasajeros por kilómetro (Semanal)

En la Figura 7, se muestran los pasajeros por kilómetro semanales, teniendo una similitud de datos entre las rutas Azaya-La Campiña y Palmas-Los Ceibos con un valor de 11 personas por kilómetro, siendo estos los valores más altos obtenidos en toda la semana. Cabe destacar que la ruta Católica-Alpachaca también se la puede considerar como una de las mejores en cuanto a personas por kilómetro semanal ya que brinda un valor de 11 situándola con las rutas de mayor afluencia de personas semanalmente. En cuanto a la ruta más desaprovechada se tiene a Caranqui-Universidades con un valor de 3 personas por kilómetro.

4.4.4. Demanda de pasajeros por franja horaria

La demanda de pasajeros por franja horaria hace referencia a los espacios de tiempo en el día con marcadas diferencias en la afluencia de personas, se clasifican como horas pico y horas valle, determinando el movimiento de pasajeros de acuerdo con estos parámetros de horario, se asume que en horas pico el traslado de pasajeros de un lugar a otro va a ser mayor que en horas valle. Cabe destacar que existe menos tiempo de trayectoria para horas pico que para horas valle por cuanto se realizó una relación porcentual en cuanto a estos aspectos, resultando que las horas pico tienen un porcentaje del 35 % y hora valle de 65 % relacionando estos valores a un porcentaje total del 100 %.

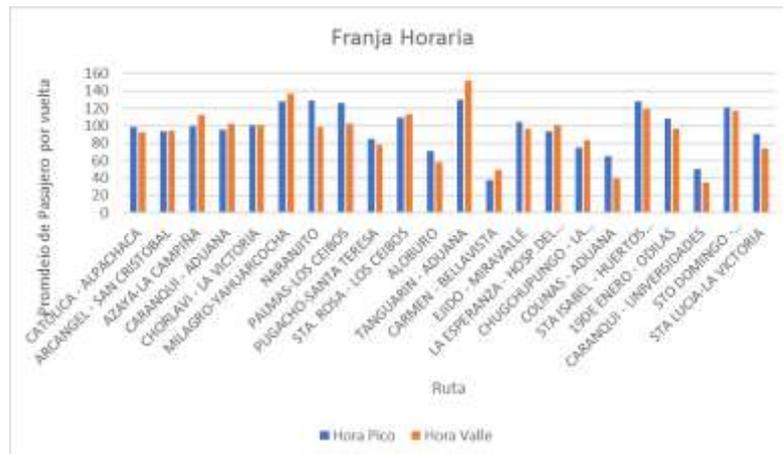


Fig. 7. Promedio de pasajero diaria por vuelta - Franja horaria por ruta

La Figura 8 muestra la comparativa entre la cantidad de personas transportadas, de acuerdo con las dos franjas horarias. La gráfica muestra una tendencia flujo de personas similar en 18 de las 22 zonas en las que se divide esta ruta; mostrando así que casi la mitad del total del flujo de pasajeros diario de esta ruta se lo realiza en el 35% del tiempo total de funcionamiento de esta.

Tomando en cuenta estas consideraciones se obtiene que las rutas Milagro – Yahuarcocha, Naranjito, Palmas – Los Ceibos, Tanguarín – Aduana, Sta. Isabel – Huertos Familiares y Sto. Domingo – Universidades son las más demandadas por los usuarios en cuanto respecta a la franja de hora pico.

4.5. Análisis de la Tasa de Ocupación

Este análisis sirvió para demostrar estadísticamente el servicio del transporte urbano, como también para cuantificar el movimiento de personas (demanda de pasajeros). Se analizó la oferta vs la demanda mediante gráficos de barras para determinar el estado actual del servicio de transporte urbano de la ciudad de Ibarra.

En la Tabla VII se detalla información acerca de la ocupación promedio de pasajeros, o demanda total de cada ruta y la capacidad unificada de la flota vehicular, tomando estos datos para el análisis correspondiente para cada una de las rutas.

TABLA VII. DEMANDA VS OFERTA

RUTA	Coo p	Demand a Ocup. Prom./ vuelta	Oferta			Ocupación Total Unidades		
			Cap. Sent.	Cap. De Pie	Cap. Total	% Sent.	% Parad os	% Total Ocup. Bus
Naranjito	28S.	35	36	29	65	96,9 %	0%	53,7 %
Aloburo	28S.	25	36	29	65	69,4 %	0%	38,5 %
Tanguarin - Aduana	28S.	24	36	29	65	65,8 %	0%	36,5 %
Milagro-Yahuarcocha	28S.	22	36	29	65	60,3 %	0%	33,4 %
Palmas-Los Ceibos	28S.	21	36	29	65	56,9 %	0%	31,5 %
Azaya-La Campiña	28S.	20	36	29	65	54,4 %	0%	30,2 %
Sto Domingo - Universidades	SMI	19	36	29	65	53,3%	0%	29,5%
Sta. Rosa - Los Ceibos	28S.	19	36	29	65	52,5 %	0%	29,1 %
Ejido - Miravalle	SMI	19	36	29	65	52,5 %	0%	29,1 %
Católica - Alpachaca	28S.	19	36	29	65	51,4 %	0%	28,5 %
Chorlavi - La Victoria	28S.	18	36	29	65	51,1 %	0%	28,3 %
Sta Isabel - Huertos Familiares	SMI	18	36	29	65	50,3%	0%	27,8%
Arcangel - San Cristobal	28S.	18	36	29	65	49,4 %	0%	27,4 %
Carmen - Bellavista	28S.	17	36	29	65	48,1 %	0%	26,6 %
Caranqui - Aduana	28S.	15	36	29	65	42,2 %	0%	23,4 %
Pugacho-Santa Teresa	28S.	15	36	29	65	41,4 %	0%	22,9 %
La Esperanza - Hosp.Del Seguro	SMI	15	36	29	65	40,3%	0%	22,3%
Chugchupungo - La Florida	SMI	14	36	29	65	39,2%	0%	21,7%
Sta Lucia-La Victoria	SMI	14	36	29	65	37,5%	0%	20,8%
19de Enero - Odilas	SMI	13	36	29	65	37,2%	0%	20,6%
Colinas - Aduana	SMI	8	36	29	65	22,8%	0%	12,6%
Caranqui - Universidades	SMI	8	36	29	65	21,1%	0%	11,7%
PROMEDIO OCUPACIÓN						49,7 %	0%	27,5 %

El porcentaje de pasajeros que pueden ir sentados se lo determinó en función del promedio de ocupación de pasajeros en relación a la capacidad de personas que pueden ir sentadas



Fig. 8. Demanda vs Oferta

En la Figura 9 se determinaron los valores de oferta y demanda de pasajeros, los valores más representativos corresponden a las rutas Naranjito, Aloburo y Tanguarín – Aduana.

Sin embargo, la capacidad total de la flota vehicular no es superada por ninguna ruta. La oferta de la flota vehicular satisface al promedio de demanda de pasajeros en cuanto a la cupación instantánea. Se determinó, que la demanda de pasajeros es considerablemente inferior que la oferta total de la flota.

4.6. Consumo de combustible en función de la tasa de ocupación

Se establece como un indicador de la eficiencia del servicio de transporte público al consumo de combustible en función de la tasa de ocupación. Se realiza el análisis en función del número de personas transportadas por galón de combustible consumido en la ruta.

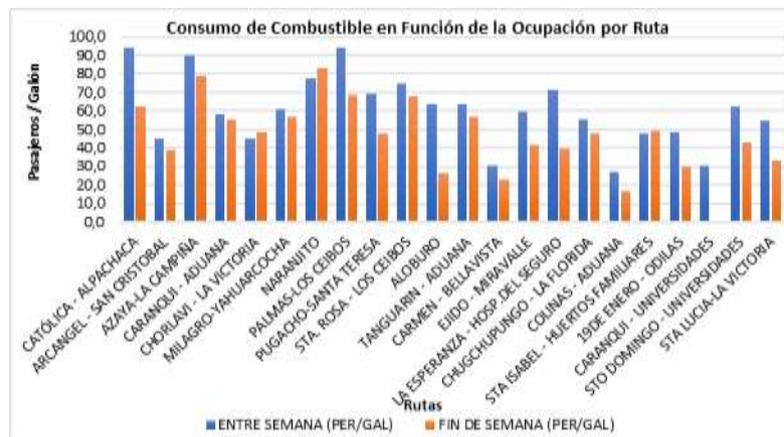


Fig. 9. Demanda de personas por galón de combustible (E/S y F/S)

Con relación a la Figura 10, se determina que, entre semana, las rutas de mayor movimiento de pasajeros con relación al combustible empleado son: Católica-Alpachaca con 94 personas por galón de combustible conjuntamente con la ruta Palmas-Los Ceibos y Azaya-La Campiña con un valor de 90 personas por galón utilizado. La peor ruta entre semana es Colinas-Aduna con un valor de apenas 27 personas por galón de combustible.

Referente a fin de semana hay una variación en la elección de las rutas primordiales, entre estas rutas se tiene a las siguientes que dominan con un valor alto a las demás: Naranjito con un valor de 83 personas por galón de combustible y la ruta Azaya-La Campiña con un valor de 80 personas por galón. Seguidamente se tiene a las rutas Católica-Alpachaca, Palmas-Los Ceibos y Sta Rosa-Los Ceibos con valores de 63, 68 y 68 de personas por galón de combustible respectivamente. Por tanto, la ruta con un bajo valor es reiteradamente Colinas-Aduana con 16 personas.

TABLA VIII. DEMANDA POR GAL COMBUSTIBLE SEMANAL

RUTA	Promedio Diario Semanal Pasajeros / Galón
Azaya-La Campiña	87
Palmas-Los Ceibos	87
Católica - Alpachaca	85
Naranjito	79
Sta. Rosa - Los Ceibos	73
Pugacho-Santa Teresa	63
La Esperanza - Hosp.Del Seguro	62
Tanguarin - Aduana	62
Milagro-Yahuarcocha	60
Caranqui - Aduana	58
Sto Domingo - Universidades	57
Ejido - Miravalle	54
Chugchupungo - La Florida	53
Aloburo	53
Sta Lucia-La Victoria	49
Sta Isabel - Huertos Familiares	48
Chorlavi - La Victoria	46
19de Enero - Odilas	43
Arcangel - San Cristobal	43
Carmen - Bellavista	28
Colinas - Aduana	24
Caranqui - Universidades	22

De acuerdo con la Tabla VIII, las rutas Azaya-La Campiña y Palmas-Los Ceibos muestran un valor igual a 87 personas que se pueden transportar semanalmente por galón de combustible y la ruta Católica Alpachaca brinda un valor de 85 personas por galón de combustible.

La ruta de bajo nivel de rendimiento es Caranqui-Universidades con un valor de 22 personas por galón de combustible, en este nivel también se puede mencionar la ruta Colinas-Aduana que tiene 24 personas por galón de combustible.

5. CONCLUSIONES

Existe una mínima desviación entre la capacidad máxima ofertada de pasajeros, en función de la marca de chasis y marca de carrocería, por lo tanto, no se considera como una variable objeto de análisis. De acuerdo el área de 0,25m² considerada para los pasajeros de pies, la capacidad máxima promedio asciende a 65pasajeros, al definir un área de 0,16m² por pasajero definida por la normativa nacional, la capacidad promedio asciende a 90 pasajeros por autobús, aumentando capacidad de oferta del sistema de transporte en disminución de la calidad de servicio.

La demanda total de pasajeros mostró que las 22 rutas de transporte público de la ciudad mueven cerca de 1 millón de personas por semana, siendo las rutas con mayor demanda: Sta Isabel-Huertos Familiares con 108 700, Azaya-La Campiña con 90 700, Palmas-Los Ceibos con 72 300, La Esperanza-Hosp. del Seguro con 65 400 pasajeros semanales. Las rutas que presentan la menor demanda de pasajeros son Naranjito con 4164, Aloburo con 2000 y Carmen-Bellavista con 1500 pasajeros por semana; dando un promedio general por ruta de 46 250 pasajeros semanales.

Respecto al fin de semana se determinó que en promedio la demanda de pasajeros es del 70% con relación a la demanda para los días laborables. Las rutas con mayor demanda en el fin de semana fueron Sta. Isabel-huertos Familiares con 103% y Milagro-Yahuarcocha con 102 %, contrastando con las líneas de menor demanda en fines de semana; Aloburo con una demanda de 41% y Sta. Lucía-La Victoria con 40%.

La demanda de acuerdo a los parámetros en Hora Pico (6:30 a 8:00, 12:00 a 13:30 y 17:30 a 19:00) y Hora Valle (8:00 a 12:00, 13:30 a 17:30) se evidenció que existe una similitud en cuanto a la demanda de pasajeros en estos horarios, tomando en cuenta que el rango en horas pico es únicamente de 4 horas con 30 minutos en comparación a horas valle que registran 8 horas diarias. Se concluye que el número de pasajeros durante las horas pico (4.5h) es similar al número de pasajeros durante las horas valle (8h).

La Tasa de ocupación promedio por vuelta para las 22 rutas de la ciudad de Ibarra es del 27.5%. Citando las rutas de trabajo regular con mayor tasa, fueron: Aloburo con 38.5%, Tanguarín-Aduana con 36.5% y Milagro-Yahuarcocha con 33.4%; Contrariamente se encuentran las rutas con menor tasa: Sta. Lucía-La Victoria con 20.8%, 19 de Enero-Odilas con 20.6% y Colinas-Aduana con 12.6%. Por lo tanto se concluye que los buses están sobredimensionados en cuanto a la capacidad de pasajeros.

El cálculo del índice: " personas por kilómetro" demostró que la ruta Católica–Alpachaca transporta 12 pasajeros en días laborables y 8 pasajeros por kilómetro para fin de semana y la ruta regular de menor índice es Colinas – Aduana que transporta 3 pasajeros por kilómetro entre semana y 2 pasajeros fin de semana.

Como una respuesta al impacto ambiental generado por el transporte urbano, se determinó el factor de pasajeros por galón de combustible, el cual determinó la eficiencia energética de transporte de pasajeros por cada ruta; los resultados indicaron que la mejor ruta en este aspecto corresponde a Azaya – La Campiña ya que transporta 90 pasajeros por cada galón de combustible consumido en días laborables y 79 pasajeros fin de semana con un total de 87 pasajeros por galón de combustible consumido semanalmente; Contrarrestada por la ruta de Colinas - Aduana que transporta 27 pasajeros entre semana y para fin de semana transporta 16 pasajeros por galón de combustible. Teniendo en cuenta que el indicador de eficiencia se lo tomó en cuenta en base a la relación entre la tasa de ocupación por kilómetro y el consumo promedio de combustible del autobús que los transporta; la mejor ruta para este parámetro arroja una eficiencia del 30.2%, demostrando nuevamente que existe un sobredimensionamiento de las unidades y la escasa planificación de rutas y frecuencias.

6. REFERENCIAS

1. INEC. (2010). Fascículo Provincial de Imbabura. 1-8.
2. INEC. (9 de Diciembre de 2016). El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años. Obtenido de <http://www.ecuadoren cifras.gob.ec/el-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-cinco-anos/>
3. Sigetrans. (2015). Plan Maestro de Movilidad del Cantón Ibarra. Ibarra
4. Islas Rivera, V. M., Rivera Trujillo, C., & Torres Vargas, G. (2002). Estudio de la Demanda de Transporte. Sanfandila: Instituto Mexicano de Transporte.
5. Posada Henao, J. J., & Gonzáles Calderón, C. A. (2010). Metodología para estudios de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, 106 - 118.
6. Meixueiro, J., Pérez, M., Mascle, A. (2009). Guía Metodológica Para La Evaluación De Proyectos De Transporte Masivo Urbano. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C, 12-13.
7. Wang, Z., Chen, F, Fujiyama, T, Carbon emission from urban passenger transportation in Beijing, Transportation Research Part D, 2015.
8. Yu Qian, Li Tiezhu , Li Hu. Improving urban bus emission and fuel consumption modeling by incorporating passenger load factor for real world driving. Applied Energy 2016; 161: 101–111.
9. Frey HC, Rouphail NM, Zhai H, Farias TL, Gonçalves GA. Comparing real-world fuel consumption for diesel- and hydrogen-fueled transit buses and implication for emissions. Transp Res Part D 2007;12:281–91.
10. Yu Q, Li TZ. Influence of operating characteristic of on-road gasoline passenger car on emission in Nanjing, China. In: Proceedings of the 12th COTA International Conference of Transportation Professionals; 2012. p. 2801–12.
11. Cal, R., Mayor, R., & Asociados. (2005). Manual de Planeación y Diseño para la Administración de Tránsito y Transporte: Marco Conceptual. Bogotá. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería diseño y diagramación
12. Quilumba, J. (2015). Diseño de Mapas de Rutas y Señalética para la Cooperativa 28 de Septiembre en la Ciudad de Ibarra durante el año 2015. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
13. Cal, R., Mayor, R., & Asociados. (2005). Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte: Estudios de Campo Oferta y Demanda de Transporte Urbano. Bogotá, Colombia.
14. Rosero, F., León, C., Mera, Z., & Rosero, C. (2017). Análisis del Consumo de Combustible en Autobuses Urbanos por Efecto de las Intersecciones Semaforizadas. Caso de Estudio Ciudad de Ibarra. Desarrollo Local Sostenible DELOS, 1-22.