



**ANÁLISIS PRELIMINAR DEL SERVICIO DEL TRANSPORTE
PÚBLICO DE EL CORREGIMIENTO DE ANCON
Área revertida (2005 – 2007)**

Iveth Martínez¹ y Mihaela Stegaru²

¹Universidad de Panamá, Departamento de Matemática. E-mail: profiveth24@yahoo.es

²Universidad Latina de Panamá. E-mail: mstegaru@cableonda.net

RESUMEN

El estudio se centró en siete de las rutas más utilizadas del Corregimiento de Ancón, que estuvo la administración del gobierno de los Estados Unidos hasta el año 1979. Bajo administración panameña, estas áreas se convirtieron en una alternativa para el desarrollo y extensión de la ciudad de Panamá, lo que ha ocasionado constantes movilizaciones de personas, de distintos estratos sociales, que laboran, hacen uso de las instalaciones o realizan tramitaciones, produciendo toda una faena trasladarse hacia dentro y fuera de los distintos puntos. Paralelamente el transporte colectivo ha sufrido cambios considerables en el servicio debido al gran volumen de usuarios, la ampliación de vías, la introducción de nuevas rutas entre las existentes con la misma logística y sin renovación completa de los equipos. El estudio se dividió en dos fases, para una mejor comprensión del problema. En la primera fase se ejecutó toda la actividad necesaria para familiarizarse con la logística del servicio del transporte y obtener datos precisos de esto. Un aspecto importante fue encontrar la representación del comportamiento de los usuarios y el servicio a los mismos, por medio de funciones de distribuciones de probabilidad, así como especificar el modelo de cola asociado al sistema, cuyos componentes puedan arrojar resultados significativos para la solución.

PALABRAS CLAVES

Colas, Transporte colectivo, Distribuciones de Probabilidad, Usuarios, Modelo Matemático.

ABSTRACT

This study focused on seven of the most used bus line of the public transport in (Corregimiento) Ancon, which was administrated by the United States government until 1979. Under Panamanian administration, these areas have become an alternative for the development and expansion of Panama City, it has led to constant movements of persons from different social strata, who work, make use of the facilities or carry out procedures. Alongside the public transportation has undergone substantial change in service due to the large volume of users, expansion of roads, introduction of new routes between the existing logistics and the complete renovation of the equipment. The study was divided in two phases, for a better understanding of the problem. During the first phase, were implemented all the necessary activities to become familiar with the logistic of transportation service in order to get accurate data, which could help us to extract information and to identify variables which can be use for a complete analysis of the problem. In the second phase was making a representation of the user's behavior through probabilistic model and specify the queue model associated to the system. This could give us bases to propose a solution.

KEYWORDS

Queue model, statistical distributions, transport flow, research.

INTRODUCCIÓN

Con el propósito manejar la información que nos proporcione una estructura de lo que podría ser un modelo que permite el estudio y problema del transporte colectivo, en el área bajo estudio, la investigación se dividió en dos fases. La primera fase, culminada, se fundamentó en la aplicación de encuesta a usuarios, entrevistas a los transportistas y administradores, la observación directa e indirecta del estado de la situación como: el flujo de usuarios y transporte público, las actividades relacionadas con el servicio de transporte, ubicación y estados de las paradas así como el tiempo de recorrido de las distintas rutas. Todos los datos obtenidos, permiten determinar algunas de las variables (tiempo promedio de espera por los usuarios, tiempo promedio de llegada de los buses a las distintas paradas o centro de atención, número promedio de usuarios esperando en hora pico, entre otras), las que se utilizarán para el análisis del modelo esperado. Un aspecto importante, en esta etapa, es encontrar la representación del comportamiento de los usuarios y el servicio a los mismos, por medio de funciones de distribuciones de probabilidad así como especificar el modelo de cola asociado al sistema, cuyos componentes puedan arrojar resultados significativos para la solución de la atención de los usuarios,

la cantidad promedio adecuada de buses y la planificación de las horas servicio del transporte público, principalmente en las horas pico.

ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La recopilación de datos sobre el usuario y el servicio del transporte se realizó directamente en las dos terminales, existentes en ese momento (la Cooperativa de Trabajo y Servicio de Autobuses del Corregimiento de Ancón S.A.C.A. y la Sociedad de Transporte del Corregimiento de Ancón SO.TRA.C.A.), que atienden las siete (7) rutas, objeto de estudio en horas pico (6:00 a.m. – 8:00 a.m.) en distintos días de la semana en las distintas rutas. Se realizó el recorrido en cada ruta con el propósito de delinear el flujo real del transporte colectivo y fijar las paradas.

Durante el estudio se pudo observar, en las terminales, la gran cantidad de usuarios esperando en filas para tomar un autobús. Además en rutas muy solicitadas la cantidad y calidad de buses no son, en este momento, las más adecuadas considerando que una cantidad considerable usuarios tenían que ir parados en la puerta o esperar mucho tiempo por otro bus. Mientras que en rutas poco solicitadas los usuarios tenían que esperar hasta una hora o más por la llegada del siguiente bus, provocando la saturación de usuarios en las otras rutas. A pesar de la buena organización de ambas piqueras no existe un acuerdo para la mejor distribución de las rutas existiendo, en algunas, competencias por los clientes y en otras la falta de una atención organizada. Esto y otros aspectos que se revisaron conduce a la pregunta que en general la comunidad se hace, ¿Cómo resolver el problema de la calidad del servicio de transporte?, ¿Existirá alguna herramienta científica que nos ayude a analizar la calidad del sistema existente? ¿Es posible, encontrar un modelo que refleje un sistema de transporte con una buena organización en las rutas, cantidad y calidad de buses necesarios para brindar el servicio, una planificación eficiente en los horarios de atención (recorrido de las rutas), paradas distribuidas estratégicamente y el mejoramiento de otros elementos que proporcione la confianza y seguridad en los usuarios?

En vista de esto se recopilaron datos que fueron analizados con apoyo de las herramientas de aplicación SPSS15.0 (Sax Software Corporation. 1995 – 2003, 2006), ARENA 7 y EXCEL de donde se extrajeron las estadísticas de usuarios así como las distribuciones de probabilidades que simulará la manera en que los buses entran al sistema para atender a los usuarios en ambas piqueras. Se determinaron, además, algunas variables como: el tiempo medio entre paradas, tiempo promedio de recorrido de las distintas, información la distancia del recorrido, entre otras, que podrían apoyar la construcción del modelo y proporcionarán una posible solución a un problema tan complejo como el dar a los usuarios un sistema de transporte público eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la movilización, en el área, es preciso que los usuarios se trasladen a las terminales de las empresas que prestan el servicio, las cuales cuentan aproximadamente con un total de treinta (30) buses para atender a más de cuatro mil (4,000) usuarios diariamente con un horario que inicia a las 4:00 a.m. con mayor afluencia hasta las 9:00 a.m. Esto origina, en el proceso, factores que trastornan el flujo normal, produciendo en horas picos problemas como: el crecimiento desmedido de los usuarios, el incremento de la frecuencia de los viajes en algunas rutas, capacidad y condiciones de la flota y baja frecuencia en el recorrido en algunas rutas. Como se observa en la figura 1, el problema en general involucra distintos componentes que se interrelacionan así si se baja el impacto negativo sobre el usuario se mejora el problema de oferta y la oferta en infraestructura.

Tomando en cuenta a los usuarios, se analizó la opinión sobre el costo, frecuencia de uso, otras alternativas de movilidad, estados de los buses y las paradas y de manera general del servicio de transporte público, de donde se dedujeron estadísticas (Johnson, R. & P. Kuby. 1999, Levin, R. I. & D. S. Rubin. 2004, Montgomery, D.C. & G. C. Runger. 1998) y cálculos para adquirir información como el tiempo promedio de llegar a su destino y otros que se muestran en el Cuadro 1.



Fig. 1.

Cuadro 1. Opinión de los usuarios sobre el servicio del transporte público.

	Resultado	usuarios	Moda
Promedio de tiempo que demora en llegar a parada.	17.8 min	375	10 min
Promedio del gasto aproximado para llegar a la parada.	B/. 0.59	365	0
Promedio del tiempo de recorrido hasta su destino.	26.44 min	272	30 min
Promedio del tiempo para llegar al destino.	21.48 min	348	5 min

En el cuadro 2 se explica, con base en base a los datos obtenidos, la tasa de llegada de los usuarios en hora pico y en hora normal en las distintas rutas y de la misma manera se evaluaron estadísticas de los tiempos de llegadas y entre llegadas del servicio del transporte que se

utilizaron para valorar las distribuciones de probabilidad cuyos resultados se exponen en el cuadro 3 (Kelton *et al.*, 2004). De este cuadro podemos destacar que una distribución **Lognormal** tiene como parámetros la media y la desviación estándar, es útil para analizar la confiabilidad de sistemas, así como la teoría de errores de medida. En particular el tiempo de llegada y el tiempo entre llegadas de buses se ajustan a esta distribución debido a los posibles errores en el tratamiento de los datos.

La distribución **Gamma** mide el tiempo transcurrido hasta obtener n ocurrencias del evento, presenta como propiedad interesante la “falta de memoria” por esta razón, es muy utilizada en la teoría de fiabilidad y fenómenos de espera. Se refiere a cuánto tiempo transcurre entre la llegada de los buses.

La distribución **Erlang** es la distribución del tiempo transcurrido entre las ocurrencias i e $i + 1$ en un proceso de Poisson cuya media es β . Inicialmente esta distribución se utilizó para representar ciertos tipos de datos de tráfico telefónico y se relaciona con la distribución exponencial.

La distribución **Beta** se utiliza para modelar variaciones en la proporción que ocurre en muestras diferentes y como ajuste a distribuciones empíricas con $\alpha = x$ y $\beta = x - n - 1$, es decir la proporción de servicio en el intervalo de tiempo considerado.

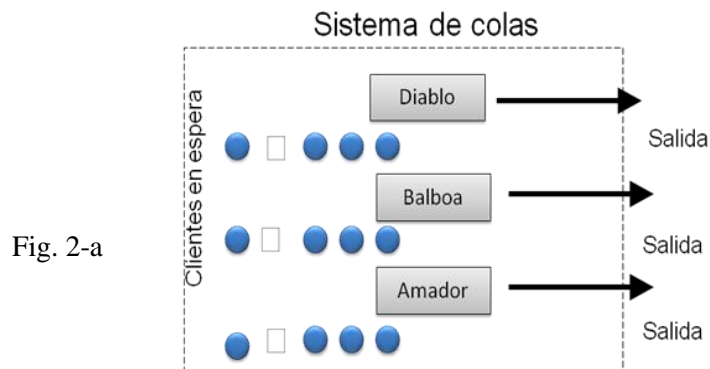
Cuadro 2. Estadística descriptiva por empresas, rutas y usuarios.

EMPRESA	RUTA	Llegada usuarios / minuto		Promedio atendidos / hora	Promedio espera / hora
		Hora pico	Hora normal		
SACA	1	12.54861111	3.17	332.75	175.75
	2	6.749646998	1.50	251.00	154.5
	3	1.520547945	1.00	60.00	0.5
	4	0.847222222	0.50	45.00	1.5
SOTRACA	5	5.216666667	2.3	13.8	6.87
	6	5.01754386	0.72	35.86	5
	7	8.709090909	1.3	44.67	8.56

Cuadro 3. Tipo de distribución de probabilidad por rutas.

EMPRESA	RUTA	DISTRIBUCIÓN	
		TIEMPO DE LLEGADA	TIEMPO ENTRE LLEGADA
SACA	1	$0.25 + \text{LOGN}(0.0929, 0.0658)$	$-0.001 + \text{ERLA}(0.00322, 3)$
	2	$0.24 + \text{LOGN}(0.068, 0.0367)$	$-0.001 + \text{GAMM}(0.00637, 2.19)$
	3	$0.23 + 0.37 * \text{BETA}(1.12, 1.18)$	$-0.001 + \text{LOGN}(0.0252, 0.16)$
	4	$.26 + 0.25 * \text{BETA}(1.27, 1.07)$	$-0.001 + \text{LOGN}(0.014, 0.0632)$
SOTRACA	5	$.28 + 0.04 * \text{BETA}(1.53, 1.68)$	$\text{NORM}(0.00248, 0.00165)$
	6	$0.29 + 0.05 * \text{BETA}(0.913, 0.983)$	$\text{NORM}(0.00498, 0.00282)$
	7	$0.29 + \text{ERLA}(0.00791, 3)$	$-0.001 + 0.013 * \text{BETA}(1.15, 1.71)$

Analizando las características de un sistema de colas y en particular el caso en estudio, donde los clientes esperan ser atendidos dependiendo de la ruta por un bus como se observa la figura 2-a y 2-b, se puede asociar de manera general que el modelo es de tipo DG/DG/c (Taha, H. A. 2004), lo que significa que las llegadas y las salidas del sistema con varios servidores no tienen una distribución de Poisson. En este caso es apropiado utilizar la simulación para análisis del sistema. Otro aspecto a considerar es el hecho de que en muchas ocasiones la llegada de los clientes es desde fuera de la red (en el caso de las terminales) y salida de los clientes es fuera de la red. Esto produce un sistema de colas abiertas.



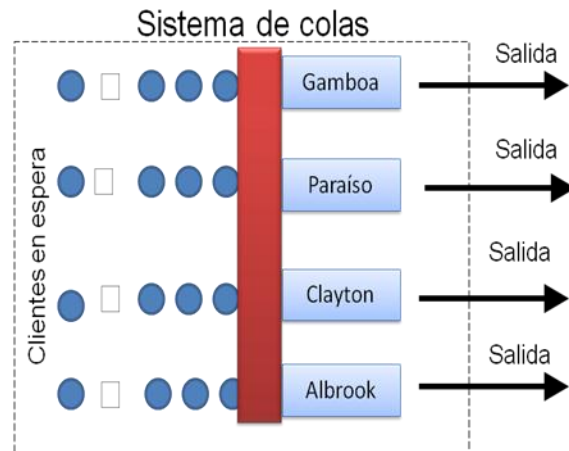


Fig. 2-b

Analizando de manera particular el comportamiento de una ruta, se podría aplicar un modelo de tipo DG/DG/1 que podría ser más preciso que el de varios servidores

<http://www.revmed.unal.edu.co/revistafm/v52n1/v52n1ic1.htm>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar la primera etapa del estudio es importante establecer la(s) herramienta(s) científicas que apoyaría a la construcción de uno varios o modelos. Al realizar un estudio sobre el sistema de transporte público, se revisan todos elementos, internos y externos, que podría afectar el funcionamiento en: las piqueras, la red flujo entre las rutas desde y hacia las piqueras, en las distintas paradas consideradas como entes individuales y de las rutas alternas que alimentan la red.

En este sentido, el área de la matemática que se ajusta para abordar este tipo de problemática y sus complejidades es la Investigación de Operaciones. Se puede aplicar la simulación que es importante para la toma de decisiones como un método que permite experimentar sobre un modelo representativo de un sistema real, en este caso el modelo de servicio de transporte colectivo del Corregimiento de Ancón (Mathur, K. & D. Solow. 1996). En donde se observan los cambios que se experimentan sobre un sistema real sin producir trastornos económicos y sociales.

Como se observó el tomar las características de las piqueras (áreas de trasbordo), conduce al estudio del comportamiento de las colas tanto de los usuarios como del transporte que brinda el servicio conduciendo a la Teoría de Colas.

La información obtenida en esta fase como: las condiciones iniciales, los datos determinísticos y probabilísticos resultantes del estudio, costo de operación de los buses, costo del tiempo de viaje, costo de traslado desde el origen hacia el destino, frecuencia de buses dañados en un período específico, la velocidad promedio en el tiempo y la velocidad media en el espacio, el flujo horario y la densidad de vehículos que transita en un punto de la carretera, análisis de la densidad y la velocidad, costo de accidentes de tránsitos, nivel de servicio en la carretera, flujo de saturación de los carriles (Garber, N. J. & L. A. Hoel 2005), entre otras ayudaran a obtener un modelo robusto, de utilidad para el área en estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) por el auspicio parcial y orientación para el desarrollo y terminación de la primera fase del estudio. A los administradores y trabajadores de las piqueras de SO.TRA. C.A. y la antigua S.A.C.A. (plazo 5 de mayo) por la atención, colaboración y autorización para la recolección de datos en el área.

REFERENCIAS

Garber, N. J. & L. A. Hoel. 2005. Ingeniería de Tránsito y Carreteras; Tercera Edición; Editorial Thomson. Páginas 13-27; 509-540.

Johnson, R. & P. Kuby. 1999. Estadística Elemental – Lo Esencial; Segunda Edición; International Thomson Editores; 1999.

Kelton, D. W., R. Sadowsky & D.T. Sturrock. 2004. Simulation with Arena. International Edition, Tercera Edición; Editorial McGraw Hill. Páginas 495 – 524; 617-634.

Levin, R. I. & D. S. Rubin. 2004. Estadística para Administración y Economía – Incluye CD – ROM. Séptima edición; Editorial Pearson - Prentice Hall. Páginas 235 – 261; 319 – 347.

Mathur, K. & D. Solow. 1996. Investigación de Operaciones El Arte de la Toma de Decisiones. Primera Edición en Español; Editorial Pearson Prentice Hall. Páginas 710 – 744; 762 – 793.

Montgomery, D.C. & G. C. Runger. 1998. Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería. Primera Edición; Editorial McGraw Hill.

Navini, W. 2006 Estadística para Ingenieros y Científicos. Primera edición; Editorial McGraw – Hill. Páginas 192 – 281.

Prawda, J. 1991. Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones. Sexta edición Vol. 2 Modelos estocásticos; Editorial Limusa. Páginas 243 - 282

Sax Software Corporation. 1995 – 2003, 2006. Guía Breve De SPSS 15.0 de Polar Engineering and Consulting.

Taha, H. A. 2004. Investigación de Operaciones. Séptima Edición; Editorial Pearson Prentice Hall; 2004. Páginas 579 - 627

Mesografía

<http://www.revmed.unal.edu.co/revistafm/v52n1/v52n1ic1.htm>

Recibido abril de 2009, aceptado marzo de 2010.