

La ciencia detrás de un tope

Mariana Gómez Maleno, Álvaro Jorge Guerrero Uribe y Mauricio Andrés
Rovira Gálvez

Correo electrónico de la institución: colegio@marymount.edu.mx

Asesor: Dr. Hernán Larralde Ridaura, del Instituto de Ciencias Físicas de la
UNAM

Resumen

Se realizó un análisis en tres calles de Cuernavaca con el fin de comprobar si los topes elegidos producían colas superiores a quince coches durante sus horas pico. Los parámetros que se midieron fueron los siguientes: tiempo para pasar el tope, cuya media se le llamó λ y el tiempo entre coches, cuya media se llamó μ . Utilizando el cociente de estos dos números, se obtuvo la cantidad llamada ρ . Usando las fórmulas del sistema M/M/1, se obtuvieron los siguientes resultados: ninguno de los topes se encuentra por encima de límite, y ninguno de los topes genera una cola superior a quince coches. Con esto se concluyó que los topes no causan un impacto significativo en el tránsito de las calles elegidas.

Introducción

Los topes se crearon con el objetivo de “hacer cumplir los límites de velocidad, en especial en zonas residenciales, escuelas, asilos, hospitales [...]” (Schal & Hugemann, 1992). Los topes son elevaciones en la calle que fuerzan al conductor a reducir la velocidad para evitar daños al automóvil o a su persona (Schal & Hugemann, 1992). En adición a los lugares anteriormente mencionados, también se construyen en intersecciones, estacionamientos, lugares en donde se necesita reducir la velocidad, en calles con gran pendiente para disminuir el flujo de agua en los días lluviosos, entre otros.

Sin embargo, en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, el uso indiscriminado de topes es una de las causas del tráfico que se genera en ella. En adición a esto, el diseño está realizado de manera arbitraria, existen topes de diversas formas y tamaños, los cuales no siguen ningún tipo de modelo.

El problema del incremento vehicular es una preocupación de índole mundial, el cual ha captado la atención de físicos y matemáticos, ya que de ser un problema de urbanización se ha degradado en un problema social, el cual no se ha podido acotar y menos proporcionarle una solución adecuada o suficiente. El objetivo de este trabajo de investigación fue el saber si los topes seleccionados formaban colas mayores de quince coches.

Antecedentes

El estudio del flujo de tráfico data desde el año 1935 (Helbing, 2001). En los años 50 se hicieron diversas publicaciones científicas que estudiaban los diversos fenómenos. De acuerdo con un estudio realizado por Greenberg en Alemania en 1959, “El volumen de tráfico vehicular en los últimos años ha sobrepasado la capacidad de las carreteras de la nación. Se ha vuelto crecientemente necesario el entender las dinámicas del flujo de tráfico y el obtener una descripción matemática del proceso.” (Greenbeerg, 1959; citado en Helbing, 2001). De acuerdo con diversos estudios, el tráfico genera actualmente, únicamente en Alemania, una pérdida de aproximadamente mil millones de dólares anuales por el hecho de que los coches estén parados (Helbing, 2001).

La teoría de colas (*Queueing Theory* en inglés) es una proposición que explica el fenómeno de las líneas de espera (Bhat, 2008). Un ejemplo que da el autor es el del servicio de registro en un aeropuerto. Inicialmente, se usaban diversas filas, sin embargo, después de desarrollar y analizar modelos matemáticos, se decidió que la manera más eficiente era con una sola fila. El sistema se forma principalmente por un servidor, el cliente, el proceso de entrada, proceso de servicio, capacidad de servicio, disciplina de colas y factores externos (Bhat, 2008).

El servidor es la unidad que provee el servicio, mientras que el cliente es la unidad que demanda dicho servicio. Esta terminología se puede aplicar de manera indistinta sin importar las condiciones. El proceso de entrada son las variables aleatorias que representan el tiempo de llegada entre clientes o el número de clientes que llegan por unidad de tiempo. El mecanismo de servicio es el que incluye el número de servidores y el tiempo de servicio. En este aspecto, se tiene que considerar que un sistema de colas consiste en varios servidores que funcionan en paralelo y/o en serie. La capacidad del sistema es sencillamente “el número de clientes que puede esperar en un sistema de colas.” (Bhat, 2008). Por último, la disciplina de colas son todos los factores que no entran en ninguna de las anteriores. En ésta se incluyen: la regla que sigue el servidor para admitir a los clientes; en la cual se tiene el FIFO (primeras entradas, primeras salidas por sus siglas en inglés), LIFO (últimas llegadas, primeras salidas), entre otros. También se consideran los factores de prioridad de clientes y comportamiento de los mismos (Bhat, 2008). El primer documento registrado de la teoría de colas pertenece a Johannsen en 1907, titulado *Waiting times and number of calls* (Tiempos de espera y número de llamadas) y se le reconoce como la primera optimización de un problema de teoría de colas (Bhat, 2008).

Dentro del conjunto de las cadenas de Markov¹ existen las colas denotadas M/M/1/Infinito/FIFO, que se abrevia usualmente M/M/1. Este modelo pertenece a la categoría de “Procesos de Nacimiento y Muerte” (Bhat, 2008). Analizando por partes, la primera M simboliza que las llegadas siguen la distribución de Poisson, o en su defecto, son aleatorias. La segunda M simboliza un proceso de Markov que sigue una distribución exponencial. El uno representa el número de servidores. El infinito representa que el sistema no tiene límites, mientras que el último término (sea FIFO, LIFO, etc) representa la forma en la que se atiende a los clientes (Bhat, 2008).

La investigación presentará un enfoque nuevo de la aplicación de la teoría de colas en el flujo del tráfico. En los últimos años se han realizado diversos trabajos que han aplicado la teoría de colas a problemas de tráfico. Estos son: Appert-Rolland (2009), Chakroborty (2006), Chowdhury *et al.* (2000), Gazis (2002), Helbing (2001) y Maerivoet &

¹ Las cadenas de Markov “consisten en hacer depender el resultado de toda prueba del resultado que le precede directamente y sólo de este” (Kaufmann, 1974)

- Avenida San Diego, en frente de Plaza San Diego (figura 3).



Figura 3

- Glorieta Teopanzolco, iniciando Avenida San Diego (figura 4).



Figura 4

Materiales:

1. Tres cronómetros
2. Dos cámaras de video
3. Una cinta métrica
4. Programa Excel de Microsoft.
5. Calculadora Casio fx-991 ES

Diseño Experimental

El diseño experimental está dividido en dos fases: la recolección de datos y el análisis de los mismos.

La recolección de datos se realizó de la siguiente manera: primero, se hizo una encuesta muy sencilla a gente que circula por el área, como nuestros padres, taxistas,

jardineros, entre otros. Basándonos en sus respuestas (ver tabla 1), determinamos que la hora pico de las tres calles era la misma: de 1:00 a 3:00 p.m.

Tabla 1: Resultados de la encuesta.

Número de encuestado	Respuesta
1	Entre 1:30 y 2:30
2	Entre 1:00 y 3:00
3	Entre 1:00 y 3:00
4	Entre 12:30 y 3:00
5	Entre 1:00 y 3:30
6	Entre 1:00 y 3:00

Debido a que el horario escolar es de 8:00 a.m. hasta 2:20 p.m., todas las grabaciones se tomaron desde las 2:30. Las grabaciones fueron de veinte minutos cada una, de forma tal que se asegurara el que el número de coches que se capturaran fuese significativo. La distancia se tuvo que ajustar respectivamente de acuerdo a las condiciones de la acera. En el caso tanto de Avenida Teopanzolco como de la Glorieta de Teopanzolco, la distancia fue de diez metros (ver figura 5). En Avenida San Diego, la distancia fue mayor, debido a que hay estacionamientos y varios árboles que impiden una

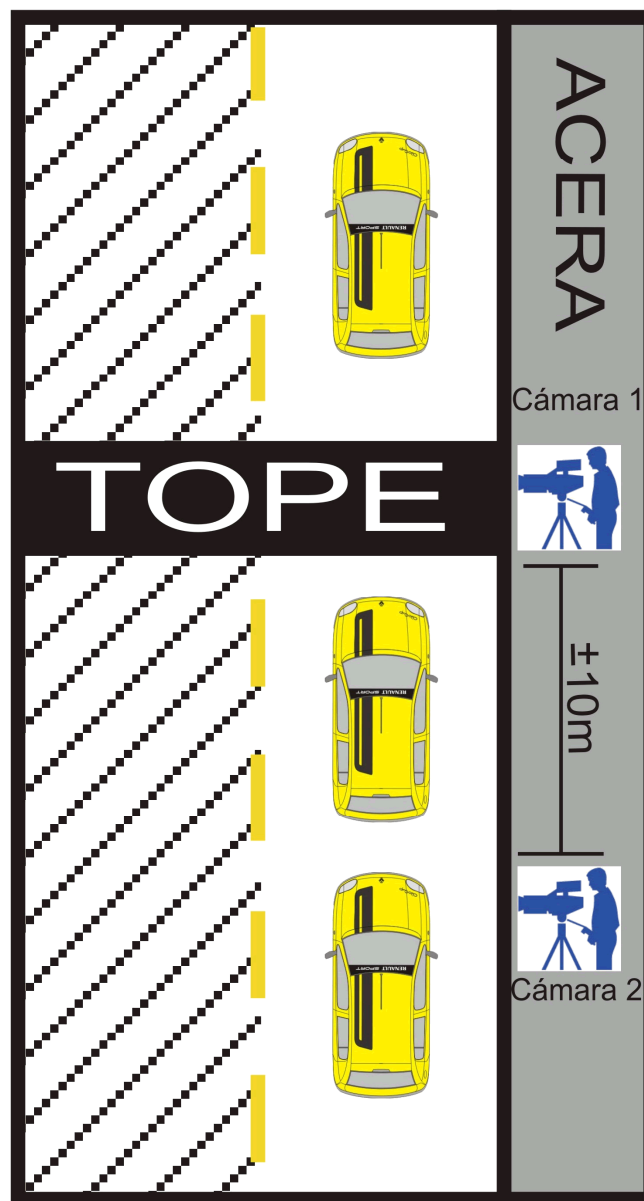
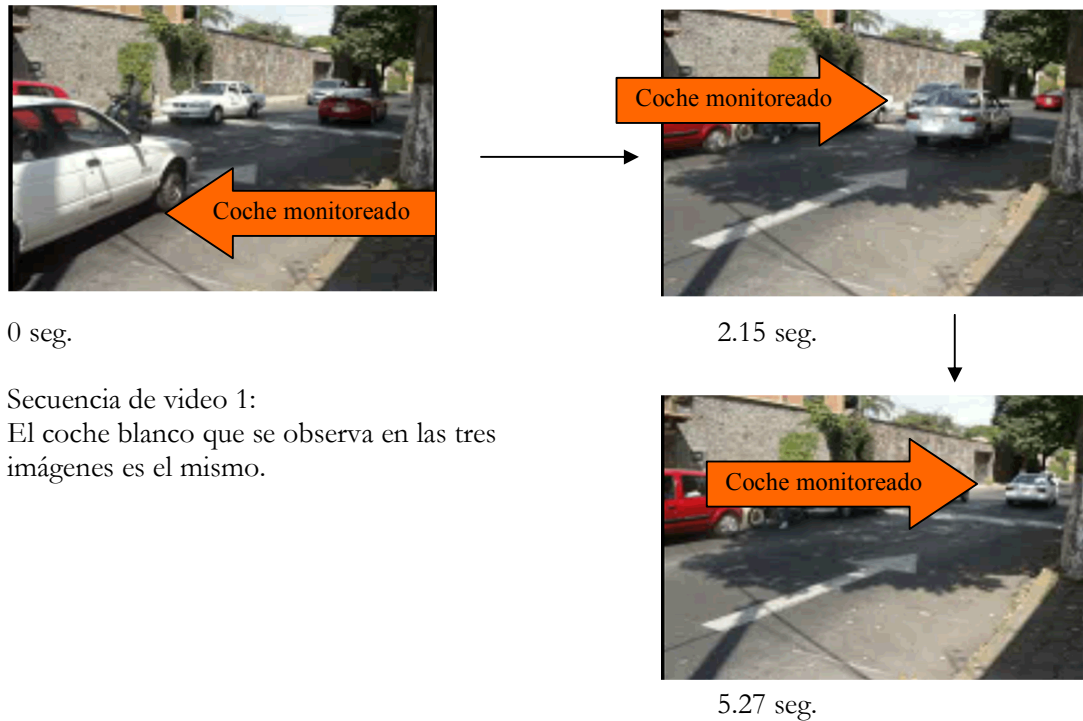


Figura 5

visión clara. De las grabaciones se obtuvieron dos datos: el tiempo para pasar el tope y el tiempo entre coches. El tiempo para pasar el tope se obtuvo desde que la llanta delantera toca el tope hasta que la trasera cesa el contacto con éste. El tiempo entre coches se consideró desde que la nariz del primer coche entró a la cámara hasta que la nariz del siguiente entrara (ver la secuencia de video 1). Todos estos datos se vaciaron en tablas en Excel.



Secuencia de video 1:
El coche blanco que se observa en las tres imágenes es el mismo.

Una vez vaciados los datos, los cuales se encuentran en los anexos 1 y 2, se calcularon las medias de cada parámetro. A estas medias se les asignaron dos variables. Sea λ la media del tiempo para pasar el tope y μ la media del tiempo entre coches. Ahora, debido a que nuestro sistema es un M/M/1, existen fórmulas que se aplicaron para el análisis de los datos. Para las últimas fórmulas se necesita introducir una nueva variable, entonces, sea ρ el cociente entre la media de tiempo para pasar el tope y la media del tiempo entre coches. Con esto, obtenemos la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Una vez establecida la variable ρ , entonces tenemos las siguientes fórmulas:

- Número de coches en la cola (Lq): $Lq = \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)(pn) = \frac{\rho^2}{1-\rho}$ donde pn es la probabilidad de que haya un número n en el sistema (es decir: en la cola y en el proceso) definido por: $pn = (1-\rho)\rho^n$ donde se espera que $\rho < 1$.
- Tiempo de espera en la cola (Wq): $Wq = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}$

Los valores para λ , μ y ρ dieron lo siguiente:

Tope	λ	μ	ρ
Av. Teopanzolco	1.22	10.6	0.11
Av. San Diego	2.04	6.02	0.33
Glorieta de Teopanzolco	2.13	7.84	0.27

Dadas las ecuaciones, se tiene un límite, que es cuando $\lambda = \mu \therefore \rho = 1$. Este límite esta reflejado analíticamente por la recta $y = x$. Si ρ cae en la parte superior de la recta, el sistema no se da abasto. Si cae por debajo, el sistema funciona normalmente. Por último, si ρ valiese uno, lo que significa es que no hay cola, por lo que el sistema es continuo.

Resultados y Discusión:

Como se puede ver en la figura 12, es que la ρ correspondiente de cada uno de los topes, que son las cruces representadas, es menor que uno, por consiguiente, a nivel teórico, se dice que el sistema funciona. Ahora, si vemos la tabla en la cual están la longitud de las colas y los tiempos de espera vamos a ver que todos los valores son menores que 1. En la realidad esto no sucede, lo que pasa es que dos de los topes, el de Avenida Teopanzolco y la Glorieta de Teopanzolco están controlados por un semáforo, lo cual limita el número de coches que pueden pasar. En adición a esto, en algunos casos los coches pasaban demasiado rápido como para que se registrasen los tiempos. En el caso de Avenida Teopanzolco, se tuvo que tomar datos de un solo carril, ya que los mismos coches tapan a los que pasan por los otros, aparte de que el sistema se hubiera complicado ya que se hubiera tenido un servidor con entradas múltiples.

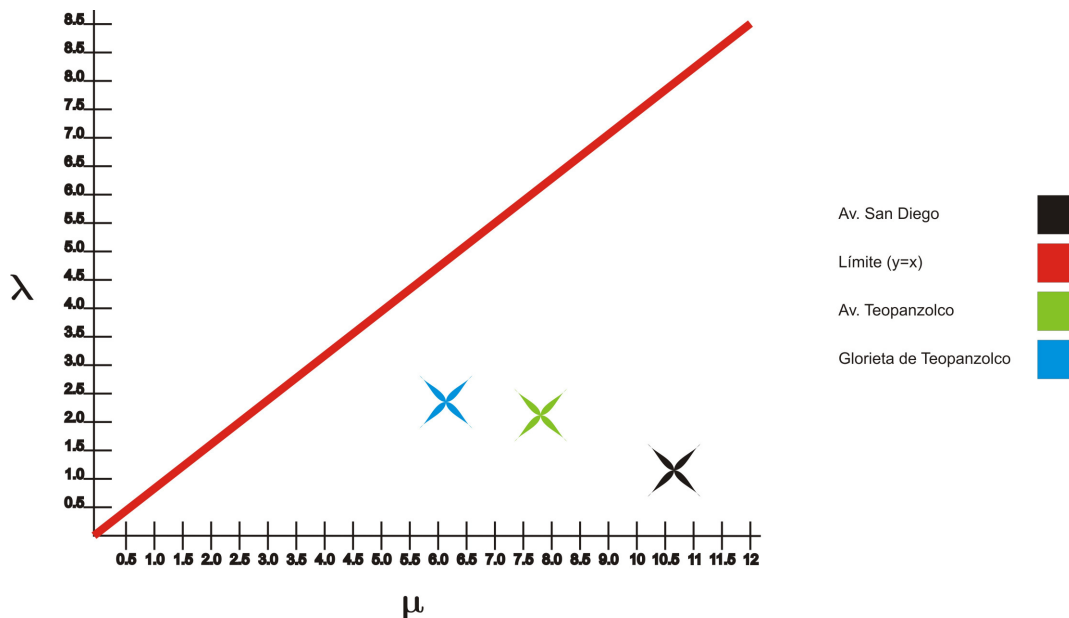


Figura 12: Gráfica de resultados.

Número de coches en cola y tiempos de espera:

Tope	Número de coches	Tiempo de espera (seg)
Av. Teopanzolco	0.013	0.011
Av. San Diego	0.16	0.081
Glorieta de Teopanzolco	0.099	0.047

Realizamos el despeje para encontrar la ρ que produce una cola de quince coches. Despejando de la fórmula de Lq tenemos que:

$$15 = \frac{\rho^2}{1-\rho}$$
$$15 - 15\rho = \rho^2$$
$$\rho^2 + 15\rho - 15 = 0$$

El resultado es una ecuación cuadrática, la cual, después de que se desarrolla usando la fórmula cuadrática $(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a})$ se obtienen dos resultados: $\rho_1 = 0.94$ y $\rho_2 = -15.94$.

Como en la realidad no se admiten los promedios negativos, el resultado valido es el de ρ_1 . Se puede observar que el valor es muy cercano a uno. Lo cual puede indicar que $\lambda > \mu$ o que $\lambda \approx \mu$.

Evaluamos también los límites de ambas funciones, para entender que sucede si ρ fuese igual a 1. Entonces tenemos lo siguiente:

$$\lim_{\rho \rightarrow 1} \frac{\rho^2}{1-\rho} = \text{indefinido}$$

De igual manera, podemos evaluar el límite de la segunda ecuación. Tenemos entonces:

$$\lim_{\rho \rightarrow 1} \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} = \text{indefinido}$$

Lo que significa que los límites de las funciones no existan es que si ρ fuese uno, el sistema colapsa y no se tiene una cola. Se tiene un flujo continuo de unidades, o coches.

El proyecto participó en el XXI Congreso de Investigación CUAM-ACMor para lo cual se creó un póster, el cual se incluye en el anexo 3. Como resultado del congreso, apareció, en la sección del Diario de Morelos “Y sin embargo se mueve: Un científico o tecnólogo opina...”, una reflexión del Dr. Jesús Antonio del Río Portilla en el cual se hace referencia al proyecto. Dicho artículo se publicó el miércoles 12 de mayo del 2010 y se incluye una copia en el anexo 4.

Conclusiones

Todos los topes evaluados produjeron colas menores a quince coches, lo cual refuta la hipótesis original.

Agradecimientos

Muchas gracias al Dr. Hernán Larralde por habernos ayudado cuando lo necesitamos. Gracias también a la MIP Marcela Patricia Galvez Muñoz por su apoyo en la realización de este proyecto. Gracias al Dr. Enrique Galindo Fentanes por su asesoría.

Bibliografía:

Anónimo. (2009). Automóvil Investiga: los topes. Revista Automóvil. Fecha de consulta: Febrero 10, 2010. Obtenido de: <http://www.automovilonline.com.mx/nota-77-1-automovil-investiga-los-topes>

Appert-Rolland, C. (2009). Experimental study of short-range interactions in vehicular traffic. Physics Review E 80 (036102). Páginas: 036102-1 a 036102-5

Bhat, U. (2008). An Introduction to Queueing Theory: Modeling and Analysis in Applications. Boston, USA: Birkhäuser. ISBN: 978-0-8176-4724-7. Páginas 1 a 4 y 39 a 53.

Chakroborty, P. (2006). Models of vehicular traffic: An engineering perspective. Physica A 372 (1), 151-161.

Chowdhury, D., Santen, L., Schadschneider, A. (2000). Statistical physics of vehicular traffic and some related systems. Physics Reports 329 (4-6), 199-329.

Gazis C., D. (2002). Traffic Theory. New York, EUA: Kluwer Academic Publishers. ISBN: 0-306-48217-7.

Helbing, D. (2001). Traffic and related self-driven many-particle systems. Reviews of Modern Physics 73 (4), 1067-1141.

Kaufmann, A. (1974). Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones. México: Compañía Editorial Continental. ISBN: 84-7051-107-6. Páginas 393 a 401.

Maerivoet, S. & De Moor, B. (2005). Cellular automata models of road traffic. Physics Reports 419 (1), 1-64.

Schal, S. & Hugemann, W. (1992). Speed Bumps- Calming or Threatening Traffic. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 30 (10), 265-267. Traducción al inglés obtenida de: http://www.unfallrekonstruktion.de/pdf/vuf_1992_speed_bumps_english.pdf Fecha de Consulta: 02 de Marzo del 2010.

Anexos

Anexo 1: Tiempos para pasar el tope en segundos

Avenida Teopanzolco (tamaño muestral: 425)

1.20	1.40	0.80	1.20	1.00	1.00
1.40	1.20	1.80	1.20	1.00	1.00
1.00	1.20	1.00	1.20	2.00	1.20
1.20	1.20	1.20	1.00	2.00	1.20
1.20	1.20	1.40	1.20	1.80	1.00
1.80	1.00	2.00	2.20	1.40	1.00
1.00	1.20	1.00	1.20	1.20	1.20
1.80	1.00	1.00	1.40	1.00	1.20
1.40	1.00	1.20	1.40	1.20	1.00
1.20	2.00	1.20	1.20	2.00	1.00
1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	2.00
1.20	1.40	1.00	1.40	1.00	1.20
1.20	2.00	1.00	1.00	1.00	1.20
1.20	1.40	1.00	1.20	1.20	1.00
1.20	1.40	1.20	1.40	1.20	1.20
1.40	1.40	1.00	1.00	1.60	1.00
1.00	1.60	1.00	1.20	1.20	1.20
1.80	2.10	1.00	1.20	1.20	1.20
1.20	1.40	1.20	1.00	1.20	0.80
1.00	1.00	1.40	1.20	1.00	1.00
1.00	1.00	1.20	1.00	1.20	1.00
1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00
1.20	1.20	0.60	1.00	1.80	1.00
1.80	1.20	2.00	1.40	1.80	1.20
1.00	2.00	1.00	1.80	0.60	1.80
1.20	1.80	1.40	1.20	0.80	1.00
1.00	1.80	1.40	1.20	1.00	1.20
1.20	1.20	1.20	1.00	1.20	1.00
1.00	1.40	1.00	1.20	1.80	1.20
1.00	1.20	0.80	1.00	1.20	1.00
1.00	1.20	1.40	1.20	0.80	1.00
1.00	1.40	1.00	1.00	0.80	1.80
1.00	2.80	1.40	1.80	1.00	1.00
1.80	1.40	1.20	1.20	1.20	1.60
1.80	1.40	1.00	1.20	1.00	1.20
1.20	1.40	1.00	1.20	1.20	1.20
1.40	0.80	1.80	1.00	1.20	1.20
1.20	1.40	1.20	1.20	1.20	1.20
1.40	1.20	1.80	0.80	1.00	1.80
1.20	1.40	1.00	1.00	1.80	1.20

1.20	0.80	1.00	1.00	1.20
1.20	1.00	0.40	1.20	2.20
1.20	0.80	1.20	1.20	2.00
1.20	1.00	1.20	1.00	2.00
2.00	1.00	1.40	0.80	1.20
1.00	1.00	1.20	0.40	1.60
1.20	1.80	0.80	0.80	1.60
1.00	1.00	1.00	0.60	1.20
1.20	1.20	1.40	1.40	2.00
1.20	0.40	1.00	1.20	1.20
1.00	2.00	1.00	1.21	2.00
1.20	1.00	1.00	0.40	1.80
1.60	1.00	1.00	0.60	2.00
1.00	1.00	1.00	1.20	1.20
1.80	1.00	1.20	1.20	1.20
1.20	1.20	0.80	1.00	1.20
1.00	1.80	1.00	1.40	1.00
1.00	1.00	1.00	2.00	1.20
1.00	1.20	1.20	1.00	1.80
1.20	1.00	1.00	1.00	1.20
1.40	1.00	0.80	1.40	1.00
1.20	1.00	1.20	1.20	0.80
1.40	1.20	1.00	1.20	1.80
1.20	1.20	0.80	2.00	1.80
1.00	1.20	1.00	1.20	2.00
1.20	1.40	0.80	1.00	
1.20	1.60	1.20	1.20	
2.20	1.00	1.00	1.00	
1.20	1.20	1.40	2.00	
0.80	1.20	1.20	1.20	
1.40	1.20	0.40	1.20	
1.20	1.20	1.00	1.20	
1.00	1.20	0.80	1.00	
1.00	1.20	1.00	1.00	
1.20	1.40	1.00	2.40	
1.00	2.20	1.00	1.20	
1.00	1.20	1.20	1.00	
1.80	1.00	1.00	1.00	
1.00	0.40	0.80	1.20	
1.00	1.20	1.00	2.00	

Avenida San Diego (tamaño muestral: 157)

2.20	1.20	1.00	1.80	1.40	2.00
1.40	1.20	1.80	2.00	2.80	1.20
2.00	1.80	2.80	1.80	1.60	1.20
2.00	1.20	1.80	2.70	1.20	2.00
2.00	1.20	2.00	1.20	2.00	1.00
2.00	1.80	1.80	2.00	1.60	2.00
2.00	1.20	2.10	1.60	1.20	2.00
2.00	3.20	2.20	2.10	1.20	1.09
1.20	2.00	2.00	2.00	2.00	4.03
1.80	2.00	1.20	2.40	1.80	10.00
1.20	2.00	2.00	1.80	1.80	6.10
2.10	2.00	1.80	2.00	2.00	21.22
2.00	1.80	2.00	2.00	1.80	
1.80	2.00	2.20	1.40	1.80	
2.00	2.00	2.80	1.80	1.80	
2.00	1.00	2.00	1.40	1.80	
2.10	1.80	2.10	2.00	1.80	
2.20	1.20	1.80	1.80	1.80	
1.40	1.20	1.80	2.00	2.00	
2.00	2.00	1.80	1.40	1.20	
2.00	2.20	2.00	2.20	1.20	
1.20	1.80	3.00	1.40	2.00	
3.00	2.00	3.20	1.80	2.00	
1.20	2.20	2.00	1.80	2.00	
1.40	1.20	1.20	2.00	2.00	
1.40	2.00	2.20	1.80	1.20	
1.00	3.00	2.00	2.10	1.20	
1.00	3.00	2.00	1.80	2.00	
1.80	2.00	2.00	1.40	2.00	

Glorieta de Teopanzolco (tamaño muestral: 114)

5.00	3.20	2.00	2.00
2.00	2.20	1.20	2.80
2.00	1.90	2.40	2.00
1.80	2.10	1.40	1.00
2.90	1.90	2.20	1.20
2.90	2.10	1.00	1.10
3.00	2.80	1.80	2.00
2.90	1.60	2.20	2.00
3.00	1.10	2.00	2.20
2.00	2.00	2.00	1.20
2.00	2.00	1.80	1.80
2.90	2.02	1.90	2.00
3.00	2.00	1.60	1.20
2.10	2.00	2.00	2.00
4.00	2.10	1.80	1.80
2.90	2.00	2.00	1.60
2.10	1.90	2.00	1.60
3.00	3.20	1.80	1.20
2.00	1.90	2.10	
2.90	2.90	3.20	
3.40	1.00	2.00	
3.40	1.40	1.90	
1.80	1.20	1.90	
2.10	3.90	2.20	
1.80	1.90	1.60	
3.00	1.80	2.00	
2.10	1.10	1.80	
2.90	1.80	2.00	
2.10	1.80	2.10	
2.20	2.20	3.20	
3.20	1.80	2.80	
2.20	2.10	1.20	

Anexo 2: Tiempos entre coches en segundos

Avenida Teopanzolco (tamaño muestral: 200)

3.84	20.88	3.64	4.16	3.24	5.39
2.65	13.74	2.56	2.92	7.77	11.68
4.00	5.11	3.46	14.81	49.97	3.14
2.52	3.21	5.58	6.73	3.32	50.13
3.03	4.43	5.00	8.00	3.86	4.98
3.04	5.09	33.98	23.25	5.53	4.04
5.18	6.90	3.12	2.26	3.70	2.55
3.46	3.72	5.13	2.67	3.21	3.51
42.25	2.71	3.39	4.32	11.24	2.99
4.55	46.06	3.20	4.37	41.93	2.85
5.85	3.07	4.61	3.51	32.21	3.74
2.75	3.77	3.67	3.85	32.21	4.57
3.50	3.21	3.65	3.10	2.52	40.90
4.11	3.13	3.62	2.79	2.54	5.20
3.95	3.36	5.00	2.93	1.89	3.72
45.44	3.47	25.01	26.37	2.69	15.33
3.02	45.96	10.68	33.33	2.76	4.67
7.71	3.59	5.17	37.26	3.81	34.12
2.85	3.78	7.78	2.87	13.25	3.01
3.06	3.33	4.88	2.38	35.09	3.54
2.46	3.83	2.93	24.40		
15.69	2.80	4.24	34.54		
2.71	2.96	4.31	7.49		
4.02	7.91	4.74	2.72		
3.99	33.47	3.18	7.81		
30.06	3.79	3.92	14.57		
6.43	6.19	45.72	40.74		
2.78	2.78	5.15	6.03		
4.60	4.48	3.18	17.25		
4.53	14.60	4.29	5.99		
58.63	2.76	6.21	44.00		
9.02	38.09	3.04	5.46		
3.54	7.34	44.00	59.79		
4.70	4.32	6.46	3.10		
3.84	6.70	4.06	3.04		
5.34	1.22	4.65	3.15		
46.17	6.57	3.95	8.88		
4.57	4.01	54.70	5.11		
4.21	2.34	2.96	8.11		
2.70	38.58	3.40	42.80		

Avenida San Diego (tamaño muestral: 157)

3.81	3.93	6.62	3.63	3.80	4.65	4.11
4.75	4.01	3.53	4.55	3.30	2.54	2.30
3.72	3.76	3.06	3.45	10.94	5.27	2.43
3.45	4.38	3.79	14.21	3.99	7.02	2.83
4.55	5.23	4.30	20.94	4.77	11.20	3.15
3.46	3.08	21.08	5.24	6.38	14.04	
3.63	3.32	5.54	3.51	15.64	9.84	
5.39	3.23	1.58	4.31	4.89	4.17	
4.84	3.50	37.95	3.64	10.76	3.76	
4.65	5.69	5.11	3.16	4.08	2.86	
6.75	5.61	2.47	5.55	3.44	2.82	
3.25	5.17	24.72	4.14	4.14	4.51	
9.01	4.54	8.24	4.03	6.97	6.67	
8.05	5.42	4.30	4.54	2.77	13.67	
7.73	7.48	3.96	5.39	5.91	9.94	
14.21	2.67	6.80	3.79	4.66	3.60	
5.58	7.26	13.49	2.39	4.42	13.26	
3.81	2.27	2.15	5.44	17.21	6.18	
3.83	4.35	8.80	2.04	5.75	3.25	
4.68	2.22	7.11	2.52	18.82	4.91	
2.97	4.69	4.67				
6.48	4.40	4.82				
5.99	2.20	16.81				
3.73	3.64	8.24				
4.24		13.23				
3.46		2.59				
2.68		6.14				
4.71		2.73				
4.61		3.93				
5.97		6.11				
6.06		5.91				
3.80		2.88				
3.18		4.09				
3.42		4.25				
4.75		5.07				
4.49		3.89				
4.44		4.99				
3.93		27.40				
2.25		17.49				
2.89		12.37				

Glorieta de Teopanzolco (tamaño muestral: 138)

4.54	2.83	3.55	2.43	12.74	2.27	9.94
2.99	4.31	4.60	20.58	6.71	2.81	16.96
5.75	1.78	4.52	15.24	8.18	2.63	2.07
2.19	17.90	5.24	6.93	2.53	3.54	1.99
7.36	2.34	3.61	7.98	3.52	3.63	25.69
16.81	4.02	2.36	9.27	4.67	6.57	11.70
9.44	9.55	4.14	3.76	3.80	3.43	17.57
20.20	3.50	4.55	17.83	26.69	4.94	7.71
9.81	2.60	2.69	3.00	18.04	4.39	10.60
7.65	3.17	4.53	18.51	3.31	4.59	9.91
2.58	18.46	5.02	28.20	9.29	12.43	2.83
4.48	5.19	24.08	3.18	2.47	2.77	10.66
5.87	27.74	5.44	5.70	7.48	10.84	2.34
13.95	2.71	3.90	7.83	13.98	3.15	2.27
5.47	2.52	2.34	21.42	5.99	3.02	2.86
11.57	6.67	3.09	6.36	2.39	25.45	6.18
2.48	2.38	3.53	5.09	5.70	3.60	4.75
22.28	9.48	2.58	3.30	2.76	22.30	3.08
10.23	4.33	10.20	7.82	21.05	11.40	4.60
	3.05	3.08	23.59	7.96		3.82

LA CIENCIA DETRÁS DE UN TOPE

Gómez Maleno Mariana, Guerrero Uribe Álvaro Jorge, Rovira Galvéz Mauricio
Asesor: Dr. Hernán Larraide Roldaura
Profesor: Dr. Enrique Galindo Fentanes

INTRODUCCIÓN

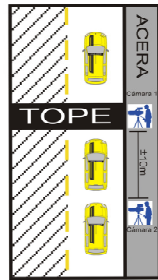
La investigación presentará un enfoque nuevo de la aplicación de la teoría de colas en el flujo del tráfico. En los últimos años se han realizado diversos trabajos que han aplicado la teoría de colas a problemas de tráfico y se han escrito artículos sobre los topes. Sin embargo, en ningún momento se ha hecho una conexión entre los topes, la teoría de colas y el flujo del tráfico, el cual es el enfoque de nuestro proyecto.

OBJETIVOS

Los topes examinados durante las horas pico producen colas de quince coches o más.

METODOLOGÍA

Las calles se escogieron siguiendo los criterios mencionados.



Las cámaras se posicionaron de la siguiente manera.

Análisis de datos.

Análisis final de datos y obtención de conclusiones.

Obtención de datos

Selección de las curvas de mejor ajuste.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$pn = (1 - p)p^n$$

$$Lq = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

$$Wq = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}$$

ANTECEDENTES

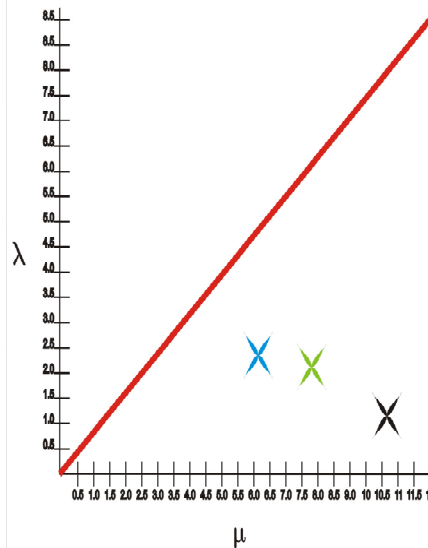
El estudio del flujo de tráfico data desde el año 1935. En los años 50 se hicieron diversas publicaciones científicas que estudiaban los diversos fenómenos.

La teoría de colas (Queuing Theory en inglés) es una proposición que explica el fenómeno de las líneas de espera, el cual se desarrolló originalmente para optimizar procesos de servicio, como los de un aeropuerto. El primer documento registrado pertenece a Johannsen en 1907, el cual se le reconoce como la primera optimización de un problema de teoría de colas.

CONCLUSIÓN

Ninguno de los topes produce una cola superior a quince coches, por lo cual se refuta la hipótesis.

RESULTADOS



Av. San Diego

L(mite (y=x))

Av. Teopanzolco

Glorieta de Teopanzolco



BIBLIOGRAFÍA
Bhat, U. (2008). An Introduction to Queueing Theory: Modeling and Analysis in Applications, 3rd ed. Boston, USA: Springer. ISBN: 978-0-819-47164-7. Páginas 1 a 8.
Jain, G. (2007). Traffic and related self-driven many-particle systems. Reviews of Modern Physics 73 (4), 1057-1141.
Kaufman, A. (1974). Método y Modelo de la Investigación de Operaciones. México: Compañía Editorial Continental. ISBN: 96-7351-107-6. Páginas 303 a 401.

Meerwolde, O. & De Moor, D. (2005). Cellular automata models of road traffic. Physics Reports 419 (1), 1-64.
Schal, O. & Hugemann, W. (1992). Speed Dumps: Calming or Threatening Traffic? Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 30 (10), 265-267. Traducción al inglés obtenida de: http://www.unfallversicherung.de/pdf/vu/1992/speed_dumps_english.pdf fecha de consulta: 02 de marzo del 2010.



Anexo 4: Artículo del Diario de Morelos

18 | Miércoles 12 de Mayo de 2010 | SOCIEDAD

Y sin embargo se mueve Un científico o tecnólogo opina

Los topes o la incivilidad

Jesús Antonio del Río Portilla
antonio@unam.mx
<http://sites.google.com/site/semueveunion/>

Hace dos semanas escuché un trabajo de investigación sobre los efectos de los topes. Este trabajo realizado por estudiantes de bachillerato fue presentado en el Congreso Regional de Investigación, organizado por el CUAM y la Academia de Ciencias de Morelos. En este trabajo, muy original, se usaban algunas herramientas de la física estadística para estudiar los efectos provocados por los topes y en particular por las cosas que se producen detrás de ellos. Si, me refiero a los topes que las autoridades de tránsito ponen para regular el paso de los vehículos. El estudio se enfocó en dos topes situados en lugares donde no hay mucha afluencia de vehículos y por lo tanto concluyó que los topes no afectaban el tránsito. Resultado hubiera sido diferente si se analizaran las cosas provocadas por topes en sitios muy transitados. Sin embargo, lo importante no es si los topes provocan cosas o no. Lo que nos debe preocupar es por qué se necesitan topes.

Uno de los lugares favoritos para poner topes es en las avenidas donde hay escuelas. Esto, se dice, se hace para evitar accidentes con los niños. Pero ¿no bastaría con poner un letrero que dijera ESCUELA y que con ello a las horas de entrada y salida de los escolares los automovilistas deberían maximizar su precaución? El hecho de poner topes es una muestra de incivilidad. Estoy seguro que conductores de otros lugares del mundo respetarían ese letrero y disminuirían su velocidad al pasar por una escuela. El detenernos en un tope enfrente de una escuela a media noche es totalmente ineficiente y un derroche de energía y dinero. Cada uno de los conductores paga la gasolina, pero cada uno de nosotros, ciudadanos, sufrimos la contaminación generada por esa frenada, es decir, también nos cuesta. Por lo tanto el poner topes no es más barato, quizá deberíamos exigir semáforos inteligentes, el costo a la larga sería menor.

En la mayoría de las ciudades del sur de la República Mexicana, y por supuesto en Morelos, se construyen autopistas e inmediatamente se ponen topes al paso de las poblaciones. Esto es totalmente incongruente. Las autopistas se hacen para que los automóviles puedan ir a mayor velocidad y los topes para frenarlos. Nuevamente, ¿no bastaría un letrero de población próxima y avisar de una reducción de la velocidad? Comportamiento que vemos en otros lugares del país.

Uno más de los lugares donde no debe haber topes es en las entradas y salidas de las glorietas. Las glorietas se usan para regular el flujo seguro en las intersecciones de dos o más avenidas principales sin utilizar semáforos. La idea de la glorieta es que el vehículo que ya entró en la glorieta tiene el paso y que todo vehículo que pretenda entrar a la glorieta debe dejar el paso al que ya entró. Esta regla sencilla y que todos deberíamos respetar bastaría para hacer funcionar las glorietas. También es cierto que muchas glorietas no cumplen con el tamaño mini-

mo para que funcionen.

Los topes claramente son un elemento negativo para el libre tránsito de los vehículos. También son una fuente de aumento de las emisiones de carbono, cada vez que tenemos que frenar, casi hacer alto total, para luego

continuar. Todos pagamos y sufrimos la abstracción de los topes.

¿Cuál es la solución? Una respuesta simple y al mismo tiempo exculpadora de todos es: que se enseñe bien los aspectos de vialidad en la escuela. Claro que la educación vial se

debe dar en las escuelas, pero también debemos hacerlo en las casas con la familia. Todos nosotros debemos enseñar con el ejemplo. Por supuesto, tanto la incivilidad como la educación vial se enseñan con el ejemplo. ¡Elijamos la educación vial!




INGENIERÍAS EN:
Negocios y Gestión Empresarial
Mantenimiento Industrial
Tecnologías de la Información

TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO EN:
Administración Área: Recursos Humanos
Desarrollo de Negocios Área: Mercadotecnia
Diseño y Producción Industrial Área: Tecnología de la moda
Mantenimiento Área: Industrial
Procesos Industriales Área: Manufactura
Tecnologías de la Información y Comunicación
Área: Sistemas Informáticos
Redes y Telecomunicaciones
Multimedia y Comercio Electrónico



CALENDARIO DE INGRESO

PROCESO DE ADMISIÓN	TSU	INGENIERÍAS
VENTA DE FICHAS	HASTA EL 6 DE AGOSTO DE 2010	HASTA EL 6 DE AGOSTO DE 2010
EXÁMEN CENEVAL	1ra APLICACIÓN: 26 DE JUNIO DE 2010 2da APLICACIÓN: 7 DE AGOSTO DE 2010	
CURSO DE INDUCCIÓN	DEL 9 AL 20 DE AGOSTO DE 2010	DEL 16 AL 20 DE AGOSTO DE 2010
LISTA DE ACEPTADOS	23 DE AGOSTO DE 2010	23 DE AGOSTO DE 2010
INSCRIPCIONES	DEL 24 AL 30 DE AGOSTO DE 2010	30, 31 DE AGOSTO DE 2010 Y 1º DE SEPTIEMBRE

MAYORES INFORMES
Av. Universidad Tecnológica No1, Emiliano Zapata, Morelos C. P. 62760
Tel. (01777) 3 68 11 65 y 3 68 13 01
Servicios Escolares Ext. 219, 220 y 258 De lunes a viernes de 9 a 14 hrs. y de 16 a 18 hrs.