

Probabilistic Evaluation of Traffic Flux and Bridges Safety

La evaluación probabilística de Flujo del Tráfico y Seguridad del Puentes

A. Bouhaloufa*, K. Zellat*, T. Kadri¹*

* Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, ALGERIA

Fecha de Recepción: 28/11/2017

Fecha de Aceptación: 03/03/2018

PAG 147-154

Abstract

The traffic flux is a complex phenomenon that occurs in existing bridges, what makes their dynamic behavior difficult to understand and badly defined. Indeed, all laws and models reflect from idealizations and empirical approximations. For this reason, the present work proposes a methodological approach for a macroscopic modeling of the traffic based on the probabilistic aspect of the phenomenon. The whole system is described using a probabilistic model where all the factors influencing the highway traffic and the safety of bridges are considered. The basic traffic data and results get using this approach lead to describe the crucial phenomena caused by traffic flux which serves to identify the vehicles speeds limits, the appropriate density and the minimum distance between two moving objects on bridges roadways.

Keywords: Flux, Highway traffic, Probabilistic model, Statistic model, Structure safety, Safe distance

Resumen

El flujo de tráfico es un fenómeno complejo que ocurre en los puentes existentes, lo que hace que su comportamiento dinámico sea difícil de entender y esté mal definido. De hecho, todas las leyes y modelos se reflejan a partir de idealizaciones y aproximaciones empíricas. Por esta razón, el presente trabajo propone un enfoque metodológico para una modelización macroscópica del tráfico basada en el aspecto probabilístico del fenómeno. Todo el sistema se describe utilizando un modelo probabilístico donde se consideran todos los factores que influyen en el tráfico de la carretera y la seguridad de los puentes. Los datos y resultados del tráfico básico utilizan este enfoque para describir los fenómenos cruciales causados por el flujo de tráfico que sirve para identificar los límites de velocidad de los vehículos, la densidad adecuada y la distancia mínima entre dos objetos en movimiento en las carreteras de los puentes.

Palabras clave: Flujo, Tráfico de la carretera, Modelo probabilístico, la Estadística de modelos, Estructura de seguridad, Distancia segura

1. Introducción

El tráfico diario en los puentes aumenta con el paso del tiempo y en todo el mundo, por eso es vital encontrar un modo de proteger estas estructuras de fallas y daños. Esto puede hacerse mejorando la capacidad del puente para que se ajuste al flujo de tráfico o modificando los mínimos autorizados con respecto a la circulación como la limitación de la velocidad de circulación de los vehículos y el aumento de la distancia segura (Tuny C.C., 1979). En ambos casos, se debe llevar a cabo una buena estimación del flujo de tráfico y del efecto de este.

En el proceso de tráfico, el flujo está cambiando continuamente como resultado de la contribución de diferentes propiedades dinámicas en este fenómeno además de las herramientas de transporte y la influencia de los obstáculos en la carretera (barreras, caravanas, condiciones climáticas, etc.). Todas las condiciones antes mencionadas dificultan la creación de un modelo matemático adecuado que represente el flujo de tráfico.

Por este motivo, se han realizado muchos trabajos de investigación en el campo de la estimación del flujo de tráfico y la evaluación en puentes. Algunos trabajos relacionados con las características del flujo de tráfico se basaron en datos recopilados de sensores. (Zhao, N.L. et al. 2009) analizaron las características del flujo de tráfico dentro

de las que se incluyen las velocidades de los vehículos y la relación de densidad en Beijing mediante el uso de datos del sensor remoto de tráfico por microondas (Lu, X.Y. et al. 2012) propusieron un método para estimar la velocidad del tráfico con datos de eventos de bucle inductivo único. Aunque los sensores in situ son las herramientas más comunes para obtener los datos básicos para el análisis de las características del flujo de tráfico, los resultados obtenidos pueden verse afectados por la posición de montaje del sensor de tráfico que puede causar una diferencia sobre los flujos de tráfico y velocidades entre las secciones adyacentes ascendentes y descendentes. Por otra parte, la instalación y el mantenimiento de los sensores requieren una gran cantidad de recursos humanos y financieros. Además, las condiciones de la circulación de vehículos en puentes fueron estudiadas por (Enright, B., 2010) donde un modelo de datos fue establecido mediante una distribución normal, considerando las velocidades y los intervalos entre vehículos.

El trabajo aquí presentado es un enfoque analítico para la estimación del flujo de tráfico sobre la base del aspecto probabilístico del fenómeno. El propósito principal es, por un lado, la predicción del tráfico y más generalmente la realización de mediciones de tráfico en el tiempo (predicción) y el espacio (distribución) y por otro lado, el estudio de la carga estructural y la determinación de las condiciones de tráfico (condiciones límite). Por esta razón se utilizaron métodos estadísticos para proponer soluciones adecuadas y automatizadas que puedan ser modulares y adaptadas a las condiciones técnicas y climáticas que representan el caso del presente estudio.

¹ Autor de correspondencia:

PhD Student, Materials and Construction Process Laboratory (LMPC),
Department of Civil Engineering and Architecture
Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, ALGERIA
E-mail: kadritahar59@yahoo.fr



2. Modelo estadístico de flujo de transporte

Como el régimen de circulación va cambiando con el tiempo (durante el día), la ley de esta variación no se puede describir. Esta es la razón por la que los resultados obtenidos mediante enfoques estadísticos son en su mayoría inadecuados para el cálculo de la estabilidad con el fin de estimar la probabilidad de falla y la vida útil de los puentes. Por esta razón, los datos de procesamiento de imágenes (IP por sus siglas en inglés), recopilados y generalizados por

(Enright, B., 2010) mediante programas especiales, sirven en este trabajo para calcular cambios graves e impredecibles en el modelo universal (del inglés Universal Background Model, UBM).

En el presente trabajo, se establece el modelo estadístico de vehículos en el flujo de movimiento propuesto a continuación y se elabora un estudio analítico de probabilidad de cambios en el régimen de circulación en el tiempo. La función de distribución del número de vehículos de una pista de circulación como se muestra en la Fig. 1 en un intervalo determinado se da en función de los siguientes supuestos:

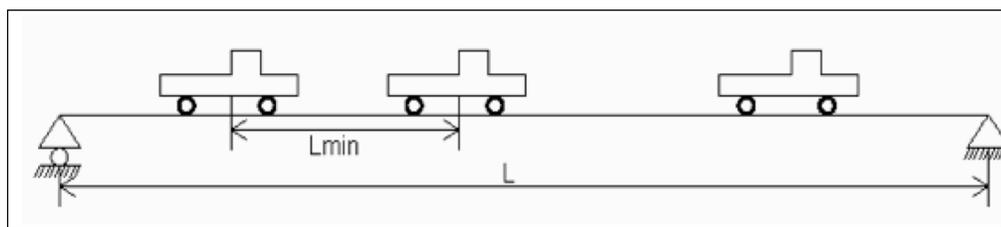


Figura 1. Distancia segura mínima en puentes de carretera (Alessandro Lipari, 2016)

- La velocidad v (m/s) y la intensidad i (1/h) del movimiento de los vehículos son consideradas constantes en el intervalo de tiempo τ . Estas pueden variar cuando son discretizadas en cada intervalo de tiempo, por ejemplo, 1 hora.
- Se excluyen los adelantamientos en el puente;
- La distancia entre los vehículos (en metros) ubicados en un intervalo es considerada como la distancia mínima de seguridad L_{-} .
- La influencia de los vehículos entre ellos mismos en la misma pista o en la pista contraria no se toma en cuenta.
- El cambio de situación en el intervalo l ocurre (discretizado) en un intervalo de tiempo igual a $\frac{l}{v}$

La probabilidad $\bar{p}_j^{(l)}$ del número de vehículos j en el intervalo l está sujeta a la ley de distribución de Poisson (Garber N.J and Lester A.H., 2014) (Ecuación 1 y 2):

$$\bar{p}_j^{(l)} = cm^j (j!)^{-1} e^{-m} \quad (1)$$

$$C = \left[\sum_{j=0}^n \bar{p}_j^{(l)} \right]^{-1} = \left[\sum_{j=0}^n m^j / j! \right]^{-1} e^m \quad (2)$$

Donde C es una constante determinada del número máximo de probabilidades de vehículos $|l/L_{min}|$ que se puede encontrar al mismo tiempo en el intervalo l .

La distancia mínima de seguridad autorizada entre los centros de gravedad de los vehículos cercanos depende de la velocidad y la intensidad del tráfico. Según la Tabla 1, donde se establece una ilustración comparativa entre la distancia de seguridad autorizada entre vehículos que circulan en puentes en el sitio de Argelia y Rusia en el periodo 2008-2009, podemos observar una gran diferencia en la distancia segura en relación con la diferencia de las condiciones del tráfico de las carreteras de Rusia y Argelia. Además los valores de distancias calculadas por la fórmula elemental proporcionan buenos resultados para la mayoría de las velocidades entre 7 y 20 m/s en comparación con los valores obtenidos derivados de los datos registrados de las carreteras de Argelia y Rusia en el periodo 2008-2009.

Tabla 1: Comparación de la distancia segura entre carreteras de Argelia y Rusia según las velocidades de circulación de los vehículos (m) (obtenido de Guebchman, E.E, 1990)

	Velocidades (m/s)				
	5	10	15	20	25
	Distancia autorizada entre vehículos (m)				
Valores encontrados en el sitio de Argelia	15	20	28	36	54
Valores encontrados en el sitio de Rusia	17	23	35	44	66
Valores teóricos	15	30	48	76	100

Los intervalos de velocidad que se muestran en la Tabla 1 se proporcionan en alguna medida condicionada, aumentan con el aumento del tamaño de los vehículos de carga. La intensidad se relaciona con la velocidad por medio de ecuaciones de correlación obtenidas utilizando el procesamiento de datos de muestra por el método de los mínimos cuadrados. Para un flujo mixto tenemos (Ecuación 3):

$$v = 16,4 - 4,2 * 10^{-3} u \quad (3)$$

y para el flujo de camiones tenemos:

$$v = 15 - 3,4 * 10^{-3} u \quad (3.a)$$

Donde u es la intensidad de flujo que está representada por el número de vehículos por hora.

Teóricamente, la intensidad máxima para una sola banda no excede los 1000 l/τ (Ouleski. B.E. y Bacilev. A.I., 1969).

Prácticamente, la intensidad del límite diario no excede los 5000 vehículos/día y la velocidad probable del tráfico de camiones cargados varía entre 10 a 20 m/s.

La probabilidad de la hipótesis de Poisson se verifica por las muestras de tráfico en una sola banda (pista A) de la sección de la carretera de Argelia en diferentes momentos del día en la presente sección como se detalla a continuación:

Durante una hora, cada segundo anotamos el número de vehículos en longitudes de intervalos de 25, 40 y 80 metros respectivamente, tomando en cuenta el cambio completo en la situación de la distribución de los vehículos durante este tiempo como se muestra en la Fig. 2. Luego, definimos la intensidad del tráfico y los resultados de la muestra además de los estimadores de los valores esperados m^* y dispersión (varianza) D^* indicados en la Tabla 2, Ecuación 4.

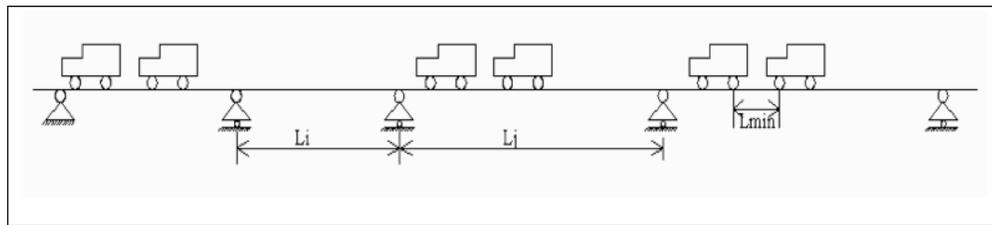


Figura 2. Posición de los vehículos en el tablero y la distancia mínima entre ellos

$$m^* = n^{-1} \sum_{i=1}^n ni * pi \quad (4)$$

Tabla 2: Valores esperados y de varianza para distintas intensidades de flujo

U, vehículos/h	Longitud del segmento de la vía (m)					
	25		40		80	
	m	D	m	D	m	D
400	0,375	0,300	0,387	0,324	0,780	0,860
650	0,570	0,540	0,550	0,510	1,030	1,090

El enfoque de modelo estadístico de m^* y D^* correspondientes a la intensidad definida u en el intervalo l , refleja la factibilidad de la hipótesis admitida por la ley de distribución: flujo de eventos estándar de Poisson.

La densidad del tráfico que es el número de vehículos realizado sobre una medida de la longitud de intervalo de una banda es $d = \frac{m^*}{l}$ y que puede definirse por la Ecuación 5 lineal empírica:

$$d = k * v \quad (5)$$

El parámetro k es el coeficiente que según (H. Wang, et al, 2009) y (Lum, K., et al., 1998), está alrededor de los 1,9-3,7 y los 10-5 $1/m$, y según (Kadiyali, L. R., 1987) los datos están alrededor de los 2.9 -3.4 y los 10-5 $1/m$.

Para intensidades altas ($u > 400$ $1/\tau$), el cálculo de la probabilidad por la Ecuación (1) conduce a errores notables debido a la influencia de la limitación del flujo. Por lo tanto, no hay un cambio completo de la situación en el intervalo $\Delta t = \frac{l}{v}$, el efecto de la tensión se puede interpretar aproximadamente como la desaparición de una parte (el caso completo) de eventos nulos. Cuando no hay vehículos en el intervalo determinado, corregimos la ley permitida (Ecuación



1) excluyendo una parte del evento nulo ($j = 0$), por distribución proporcional con la probabilidad $\bar{p}_j^{(e)}$ para la cual $j \neq 0$.

Para ello, definimos el número M de vehículos sujetos a la limitación durante una hora como se indica en la siguiente Ecuación 6:

$$M = U - \sum_{j=1}^n j \bar{p}_j^{(e)} \frac{3600}{l} v \quad (6)$$

Por lo tanto, el número de vehículos complementario, ubicados en la muestra bajo la misma tensión (Ecuación 7):

$$M_j = M_j \bar{p}_j^{(e)} = \sum_{j=1}^n j \bar{p}_j^{(e)} \quad (7)$$

La probabilidad $\bar{p}_j^{(e)}$ de que los vehículos j ($j \neq 0$) "caigan" en un intervalo l que tiene en cuenta la corrección de la tensión está definida por la Ecuación 8:

$$P_j^{(l)} = \bar{P}_j^{(l)} + \bar{P}_j^{(l)} \left[U - \sum_{j=1}^n j \bar{P}_j^{(l)} \frac{3600}{l} v \right] : \left[\frac{3600}{l} v \sum_{j=1}^n j \bar{P}_j^{(l)} \right] \quad (8)$$

La probabilidad de la aparición de un evento nulo P_0 será menor y se define por la Ecuación 9:

$$P_j^{(l)} = \bar{P}_0^{(l)} - \sum_{j=1}^N \left[U - \sum_{j=1}^n j \bar{P}_j^{(l)} \frac{3600}{l} v \right] : \left[\frac{3600}{l} v \sum_{j=1}^n j \bar{P}_j^{(l)} \right] \quad (9)$$

3. Estimación de la carga del puente

El número de eventos λ_j , para vehículos j al mismo tiempo en una longitud l , por un periodo $\tau = 1h$ es igual a (Ecuación 10):

$$\lambda_j = \bar{P}_j^{(l)} \frac{3600}{l} v \quad (10)$$

Del mismo modo, podemos estimar el número de tales eventos para la duración del uso del puente T utilizando una variable discreta de la intensidad y la velocidad del movimiento de transporte que varía en el tiempo. Para este cálculo, podemos utilizar los ciclogramas propuestos en (Bando, M. et al. 1998).

La posibilidad de cambios en el flujo de tráfico durante una serie de años puede definirse principalmente sobre la base de la particularidad de la evolución extensiva de la producción de una región económica real (Leurent.F., 1996). Para los cálculos de puentes, solo se toma en cuenta la contribución de los camiones más pesados, para los cuales los umbrales de un refuerzo dado se alcanzan en la construcción.

Luego de la observación del movimiento del tráfico en la pista considerada, se descubrió que la probabilidad de la distribución para una columna infinita de un tipo particular de vehículos sigue una distribución geométrica dada por la siguiente Ecuación 11:

$$P_j = P^l (1 - P) \quad (11)$$

Y la probabilidad de la aparición de vehículos j del mismo tipo, uno tras otro, se puede definir a partir de la multiplicación del teorema de probabilidades como se muestra la Ecuación 12:

$$P_j = P^j \quad (12)$$

With:

Con:

P : frecuencia de aparición de un tipo particular de vehículo en la columna.

En una columna, la probabilidad de distribución que siguen los diferentes tipos de camiones se puede definir mediante la Ecuación 13:

$$P_j = \prod_{r=1}^j \text{Pr} \quad (13)$$

Con:

Pr : probabilidad de la aparición del tipo de camión r en la columna uniforme.

La distribución, al mismo tiempo, de diferentes tipos de vehículos se define por la Ecuación 13 y se asume de manera arbitraria. El coeficiente μ de la carga del vehículo representa la relación entre cambio transportado y la columna de transporte total del vehículo. Según los datos (Birouli, A.K. y Mikhovitch, C.I., 1978) y (Federov. I.P., 1980), puede ser igual a 0,4-0,8.

Asumimos que por todo el periodo de servicio del puente, la aparición de un conjunto de carga pesada y diferente es posible y que está en una sola banda de la carretera. El número del evento N_q , para $q = 1, 2, \dots, Q$, para el q - cálculo de la carga durante el periodo T (en años) se estima mediante la Ecuación 14 (tomando en cuenta una variación de la intensidad y de la velocidad):

$$N_q = \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^{12} \sum_{k=1}^{30} \sum_{i=1}^{24} P_q(k, s, i, t) \frac{3600}{l} v \eta^n \quad (14)$$

Con:

$$P_q(k, s, i, t) = P_n^{(l)}(k, s, i, t) P_n^{(q)}$$

N : número de automóviles sobre el puente al mismo tiempo

$P_q(k, s, i, t)$: Probabilidad de aparición en el puente para el q - cálculo de carga, esta probabilidad de un evento complejo se define como el producto de probabilidades de una combinación de carga no favorable y se calcula utilizando la Ecuación 12 o 13, y las probabilidades $P_n^{(l)}(k, s, i, t)$ se calculan utilizando la fórmula (8).

k, s, i, t : son valores en periodos ($k = 1, 2, 3, \dots, 12$), en días ($s = 1, 2, 3, \dots, 30$), en meses ($i = 1, 2, 3, \dots, 12$), en años ($t = 1, 2, 3, T$).

El valor promedio de la probabilidad del q - cálculo de carga para todo el periodo T se calcula con la Ecuación 15:

$$P_q = \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^{12} \sum_{k=1}^{30} \sum_{i=1}^{24} P_q(k, s, i, t) \quad (15)$$

Aquí, los números 12, 30, 24, corresponden respectivamente al número de meses en el año, días en el mes y horas en un día.

En el caso en que (Pu) y la intensidad de movimiento son dados por series estadísticas, el número de cálculos de carga Nq está definido por la Ecuación 16:

$$N_{q1} = T * 12 * 30 * 24 * \frac{3600}{l} * \nu * \mu^n * P_n(q) * \sum_{v=1}^m P(Uv) * P_{n,u}^{(e)} \quad (16)$$

Para el movimiento de cruce, la probabilidad de intersección de dos camiones en una sección determinada del puente debería ser teóricamente cero. Sería diferente de 0 si la ubicación de tal cruce está dada por un cierto intervalo, esta probabilidad depende de la relación que vincula la duración de este intervalo y las distancias promedio entre vehículos pesados de cada columna. Tal situación puede observarse en el caso de eventos más complejos, por ejemplo, la intersección de una columna de camiones.

El número de eventos Nq para un movimiento en ambas direcciones se definirá aproximadamente, con un elemento adicional (de corrección) por la Ecuación 17:

$$N_{q2} = \sum_{i=1}^T \sum_{s=1}^{12} \sum_{k=1}^{24} \sum_{l=1}^{30} Pq_1(k,s,i,t) Pq_2(k,s,i,t) \frac{3600}{l} \nu \eta^n \quad (17)$$

En la cual las probabilidades P_o(k, s, i, t) y P_o(k, s, i, t) corresponden a las diferentes direcciones del movimiento del transporte.

Por lo tanto, la aparición de cálculos de carga para puentes de media y larga luz bajo condiciones normales para movimientos mixtos se estudia como un evento muy poco frecuente.

La intensidad del movimiento en carreteras por un día se distribuye de manera desigual. Según datos de (Birouli, A.K., 1984), está cerca de 0 por 1/3 del día y puede variar de 1,5 a 4 veces en los 2/3 de tiempo restantes. Para una intensidad alta (u ≥ 400 l / h), el paso a un movimiento con varias columnas es necesario para reducir las situaciones de accidente.

Múltiples observaciones de la circulación (movimiento) realizadas por el servicio que opera en diferentes carreteras en Argelia muestran una disminución significativa en la intensidad con el paso del tiempo. La Tabla 3 muestra un ejemplo obtenido de los datos de intensidades promedio diarios (en ambas direcciones del movimiento) por 2 años (2007 y 2008) registrados en regiones económicas (zonas I, II y III). Podemos observar que la proporción de vehículos sobre 5T.C en una circulación (movimiento) mixta es de 18-27 % del número total de vehículos. La proporción de los vehículos más pesados (30T.c y más), informado por (Barrenkov. A.C. y Maltsev. P.I., 1971), se considera como igual al 2 % de todos los vehículos.

Tabla 3: Porcentaje de vehículos en zonas económicas en los años 2007 y 2008

Caravanas de vehículos	Estaciones de registro de datos de tráfico					
	I		II		III	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
% liviano	16,700	30,800	8,800	8,600	17,300	18,400
% pesado hasta 2,5 tf	20,000	10,700	20,000	21,000	26,300	27,600
% pesado hasta 4,5tf %	31,200	34,900	36,100	32,200	28,500	29,800
% de buses	14,000	4,200	7,900	12,700	6,700	6,000
Vehículos pesados > 5 tf %	18,100	20,400	27,200	25,500	21,200	18,200
% total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Número de vehículos en 24 h	19.500	32.700	1.200	1.550	6.150	6.800

Además los viaductos y puentes elevados con prescripción especial (económica, carrera) son utilizados solamente por vehículos pesados donde la probabilidad y el número de cálculos de cambio puede ser sumamente significativo.

La distribución transversal de vehículos por carreteras y puentes con circulación (movimiento) de múltiples columnas, según las investigaciones, está caracterizada por la división del flujo en dos partes: vehículos pesados (fuera de la banda) y livianos (dentro de la banda) (IAURIF, 1997), sosteniendo que la circulación (movimiento) de vehículos livianos y pesados se realiza en función de las velocidades de 50-70 km/h y 80-110 km/h.

Las densidades de distribución de los vehículos construidos según las anchuras de cruce de los puentes

tienen una forma modal doble para cada dirección de tráfico. El modo importante corresponde básicamente a vehículos pesados (camiones) en una red de transporte. Las distancias entre los modos están entre los límites de 3 m-4 m y sus distancias en los bordes no exceden los 4 m. Estos datos prácticamente no son los límites de distancias de las densidades recomendadas.

Además, la banda de transporte en puentes livianos tiene casi las mismas condiciones que en los puentes que tienen requerimientos especiales, lo que significa que la frecuencia empírica de los cálculos de carga, para ellos, puede ser significativa. En puentes complejos de múltiples vías, la probabilidad Pq y el número predecible de cálculos de carga Nq se definen como para eventos complejos de luces k utilizando el número de vehículos posible nj y de



manera simultánea, la ausencia total de carga en las otras luces (s-k).

A partir de los resultados obtenidos por medio de los gráficos de las Figuras 3 y 4, notamos que los resultados son convincentes y la influencia de los resultados obtenidos en la corrección depende en gran medida de la velocidad del tráfico y del tiempo de viaje realizado. En este contexto, notamos que para un tiempo t inferior a 0,5 días, la influencia de la corrección es generalmente muy importante para todas las densidades y en especial para las densidades entre 100 y 250 vehículos por hora, pero esta influencia durante este periodo varía en la dirección opuesta, lo que significa que el valor de corrección disminuye para las densidades más bajas antes mencionadas e incluso para los valores nulos (ver Figuras 3 y 4) y aumenta para otros casos, especialmente para la velocidad de 15 km/h. Por esta razón, siempre tratamos de mantener el flujo de tráfico en áreas urbanas con cierta fluidez y una distribución uniforme en todas las carreteras de circulación, a medida que llegamos a garantizar o asegurar

una velocidad adecuada según nuestro plan de tráfico. De hecho, para nuestros técnicos es un dilema encontrar un equilibrio entre una velocidad relativamente baja y una densidad de tráfico moderada que sea apropiado para nuestras condiciones de tráfico generalmente en las diferentes redes de carreteras y en particular en redes de carreteras de arco. Además, estamos muy interesados en las horas punta para la organización del tráfico con el fin de ofrecer comodidad y seguridad a los pasajeros. Finalmente, la meta de este modesto estudio es mejorar significativamente nuestros modelos de cálculo y manejar el tráfico para los horizontes inferiores a 0,5 días, ya que podemos atrevernos a ir más allá, como en el caso de horizontes inferiores, donde el tiempo de registro es menos de 15,00 minutos (inferior a 0,25 horas). Estos resultados son confirmados cuando se predice el tiempo de viaje de un flujo de tráfico para dos tipos de puentes y puentes en un ambiente urbano donde se prefiere una ciudad grande y poblada y un tráfico denso.

Tabla 4: Valores de corrección para la velocidad de 10 m/s

Días	0,0	0,1	0,3	1,0	1,3	2,0	2,3	2,6	3,2
U=100 1/h	0,900	0,690	0,650	0,100	0,070	0,010	0,010	0,005	0,000
U=250 1/h	0,680	0,650	0,440	0,250	0,180	0,030	0,020	0,010	0,004
U=500 1/h	0,380	0,380	0,380	0,380	0,350	0,150	0,120	0,090	0,044
U=1000 1/h	0,380	0,380	0,380	0,380	0,370	0,330	0,300	0,270	0,200

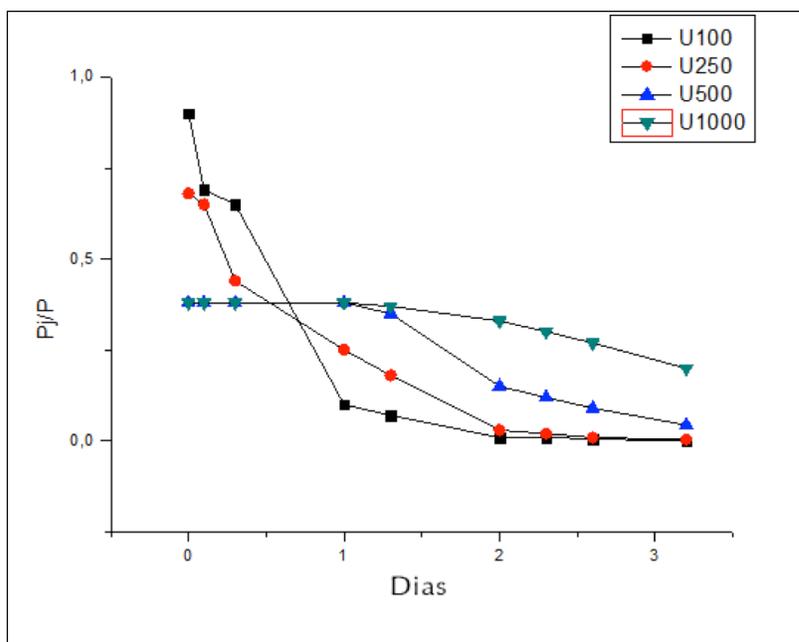


Figura 3. Gráfico representativo de la influencia de la velocidad en los valores de corrección (V=10 m/s)

Tabla 5: Valores de corrección para la velocidad de 15 m/s

Días	0,0	0,1	0,3	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,1
U=100 1/h	0,900	0,800	0,600	0,100	0,070	0,050	0,020	0,010	0,000
U=250 1/h	0,780	0,750	0,610	0,210	0,180	0,140	0,080	0,030	0,020
U=500 1/h	0,580	0,560	0,490	0,360	0,300	0,240	0,180	0,120	0,100
U=1000 1/h	0,040	0,060	0,150	0,250	0,480	0,450	0,390	0,340	0,300

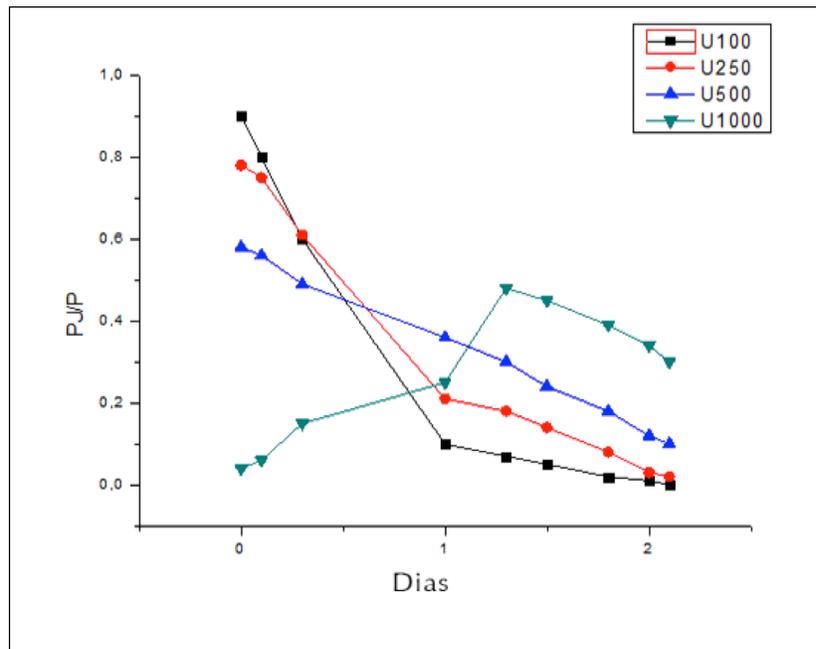


Figura 4. Gráfico representativo de la influencia de la velocidad en los valores de corrección (V=15 m/s)

4. Conclusión

En este documento concluimos que la influencia de la corrección depende de la intensidad y la velocidad del flujo de los vehículos y que la distancia mínima de seguridad permitida entre los centros de gravedad de los vehículos cercanos depende de la velocidad y la intensidad del tráfico. De hecho, pudimos comprender en forma práctica y teórica para nuestro caso de estudio sobre las redes de carreteras que el tráfico de flujo se torna importante para los vehículos pesados que tienen una velocidad entre 5 a 10 Km/h en los tableros de puentes de carreteras argelinas que representan el caso de cargas adicionales militares y excepcionales como (D240, MC120) y cargas adicionales rusas como (Hk-80). Como resultado, las cargas adicionales civiles que no alteran la estabilidad de tales estructuras son finalmente los sistemas (A (l), Bc, Bt), que permiten que los puentes de carreteras funcionen en intervalos de tranquilidad y confianza y

ofrezcan un refugio de seguridad para cargas pesadas, excepcionales y poco convencionales.

En el presente trabajo, estamos convencidos que la distribución del flujo de tráfico es difícil de determinar cuando diversas variables no están consideradas debido a la falta de datos y de disponibilidad. A diferencia de estos métodos físicos, proponemos estimar directamente la causalidad entre las variables de tráfico y la seguridad de las estructuras existentes en los distintos circuitos del movimiento combinado y las principales tendencias de la evolución del tráfico en la ciudad y en las redes de tráfico.

Finalmente, intentamos conseguir cierto rendimiento por medio del presente método en comparación con aquellos obtenidos con proceso simple. El trabajo futuro desarrollará pruebas para reunir datos de variables y estudiar sus efectos sin perder la capacidad del flujo de tráfico pronosticado o la seguridad de las estructuras en las diferentes secciones de las redes.



5. Referencias

- Alessandro Lipari, Colin C. Caprani, Eugene J. OBrien (2016)**, A Methodology for Calculating Congested Traffic Characteristic Loading on Long-Span Bridges Using Site-Specific Data, *Computers & Structures*, Vol 190, pp 1-12
- Bando M., Hasebe K., Nakanishi K., and Nakayama A. (1998)**, Analysis of Optimal Velocity Model with Explicit Delay. *Phys. Rev. E*, vol. 58, pp. 5429-5435
- Barrenkov A.C. and Maltsev P.I. (1971)**, Méthode Probabiliste dans le Calcul Dynamique des Ponts. *Journal de l'Université de Varonege*, pp 48-77. Varonege
- Birouli A.K. (1984)**, *Aide-mémoire de l'Ingénierie des Routes*. Edition Transport, Mouscou
- Birouli A.K. and Mikhovitch, C.I. (1978)**, *Etude des Courbes de Roulements*. Edition Transport, Mouscou
- Enright B. (2010)**, Simulation of Traffic Loading on Highway Bridges, PhD Thesis, School of Architecture, Landscape
- Federov I.P. (1980)**, Travaux de Recherche des Ponts Routiers. Thèse de Ph.D. Mouscou
- Guebchman E.E. (1990)**, *La Sécurité de la Circulation sur les Ponts*. Edition transports, Mouscou
- IAURIF (1997)**, Le Modèle de Trafic de l'IAURIF. Division Transports et Infrastructure, Paris
- Kadiyali L. R. (1987)**, *Traffic Engineering and Transportation Planning*. Khanna Publishers, New Delhi
- Leurent F. (1996)**, Indicateur Infra Economique des Conditions de Circulation sur un Réseau Routier. France
- Lu X. Y., Varaiya P., Horowitz R., Guo, Z. M. & Palen J. (2012)**, Estimating Traffic Speed with Single Inductive Loop Event Data in Transportation Research Record, *Journal of the Transportation Research Board*, No. 2308, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 157 - 166
- Lum K., Fan H., Lam S., Olszewski P. (1998)**, Speed-Flow Modeling of Arterial Roads in Singapore. *Journal of Transportation Engineering* 124(3), 213-222
- Ouleski B.E. and Bacilev A.I. (1969)**, Normes et Surcharges Roulantes Verticales pour les Ponts Routiers. Construction des Infrastructures Routières, Transport N°8, pp27-30 Moscou
- Garber N. J., Hoel L. A. (2010)**, Traffic and Highway Engineering, SI Edition
- Tuny C.C. (1979)**, Answer of Highway Bridges to Renewal Traffic Loads. Souvnl of the Eng.Mech. Zurich In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2124, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 178 - 185
- Wang H., Li J., Chen Q.Y. and NI D. (2009)**, Speed Density Relationship: Deterministic to Stochastic, *TRB 88th Annual Meeting*, Washington
- Zhao N. L., Yu L., Zhao H., Guo J. F. & Wen H. M. (2009)**, Analysis of Traffic Flow Characteristics on Ring-Road Expressways in Beijing Using Floating-Car Data and Remote Traffic Microwave Sensor Data. *Journal of the Transportation Research Board*. Vol 2124, pp 31-41

