

## INFLUENCIA DE LA POSICIÓN TRANSVERSAL DEL CAMIÓN DE DISEÑO EN LOS VALORES DE LA FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR EN LAS VIGAS DE PUENTES DE SECCIÓN COMPUESTA

### RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis del efecto producido en los valores de la fuerza cortante, el momento flector y el factor de rueda (F.R.) debido al desplazamiento transversal sobre un puente de sección compuesta, del camión de diseño C-40-95 y su aplicación en el método simplificado para el diseño de puentes. Los resultados fueron obtenidos de analizar varias posiciones longitudinales y transversales del camión de diseño, utilizando la técnica de elementos finitos. Como resultados de los análisis se determinó que la posición transversal del camión de diseño influye sobre los valores del factor de rueda.

**PALABRAS CLAVES:** Fuerza cortante, momento flector, factor de rueda, camiones de diseño, puentes, sección compuesta.

### ABSTRACT

*In this article it is showed an analysis the about the effect produce in the values shear force, flexural moment and wheel load factor by the displacement or transversal position on a bridge of composite section, from the design truck C-40-95 and its application in the simplify method for the bridges design. The results were obtained after analyzing some longitudinal and transversal positions of the design trucks using the elements finite technique. As a result it was determine that the transversal positions to have influence on the wheel load factor.*

**KEYWORDS:** shear force, flexural moment, wheel load factor, design truck, bridges, composite cross section.

### 1. INTRODUCCIÓN

La Norma AISI-200-95<sup>2</sup> define dos tipos de carga para el diseño de puentes “La carga viva para puentes está conformada por camiones estándar o líneas de carga que son equivalente a trenes de camiones”<sup>3</sup>. El camión estándar se usa para luces entre apoyos menores de 28 m, cuando se desea calcular los efectos de momento flector y para luces menores de 24 m, cuando lo que se desea es determinar los efectos de la fuerza cortante. Un diseño con líneas de carga debe hacerse cuando se tienen luces mayores de las dadas para el camión estándar.

En relación a la posición transversal de la carga de camión sobre la superestructura, el código solo define en su numeral A.3.4.1.4. “Tanto el número y las posiciones de los carriles sobre la calzada, como las posiciones de las cargas en cada uno de los carriles deben definirse de

*tal manera que se produzcan los máximos esfuerzos en él o en los miembros bajo consideración”.*

Que el código no defina de forma concreta las posiciones más desfavorables del camión de diseño y específicamente para el caso cuando se desean diseñar las vigas metálicas, trae consigo una duplicación de esfuerzos por parte de los diseñadores y a su vez posibles errores involuntarios por parte de los nuevos, al no poder ubicar adecuadamente las posiciones más desfavorables del camión de diseño.

En este trabajo se realizó un análisis por el método de Elementos Finitos<sup>4</sup> de una serie de modelos de puentes de sección compuesta, sobre los cuales se ubicó el camión de diseño C-40-95 en diferentes posiciones longitudinales y transversales, con el objeto de poder ubicar las posiciones más desfavorables para el momento flector y la fuerza cortante sobre las vigas de acero, así como también la influencia de la posición sobre la determinación del factor rueda.

Con el objeto de unificar criterio en cuanto a terminología usada en este artículo, en la figura 1, se

<sup>1</sup> Investigador Grupo de investigación Ciencia e Ingeniería de Materiales, CUAO.

<sup>2</sup> Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), “Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (Norma AIS-200-95)”, Bogotá, Diciembre 1995.

<sup>3</sup> Numeral A.3.4.2.1. camión estándar y línea de carga, Código Colombiano de Diseño Sísmico de puentes.

Fecha de Recibo: 13 Agosto de 2003

Fecha de Aceptación: 20 Octubre de 2003

<sup>4</sup> Para la realización del modelado por el método de Elementos Finitos se utilizó el software ALGOR.

**HÉCTOR E. JARAMILLO SUÁREZ**

Ingeniero Mecánico  
Especialista en Estructuras  
Prof. Corporación Universitaria  
Autónoma de Occidente<sup>1</sup>  
hejaramillo@cua.edu.co

**GILBERTO AREIZA PALMA**

Ingeniero Civil, M Sc  
Prof. Universidad del Valle  
gareiza@andinet.com

muestran los elementos que componen la superestructura de un puente y a la cual se hará referencia en el transcurso de este.

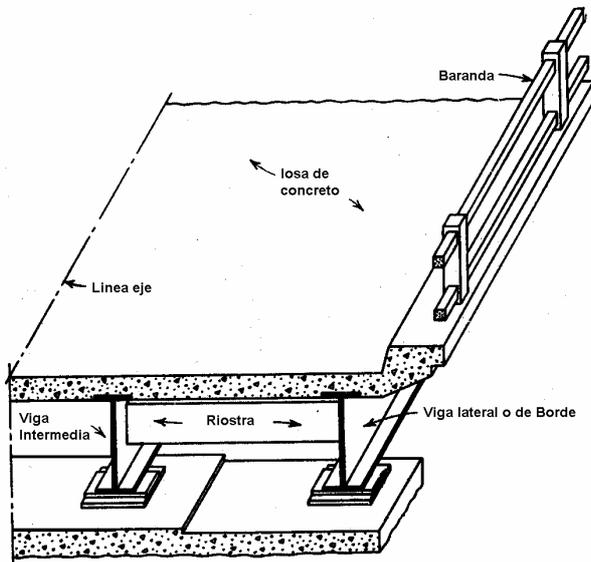


Figura 1. Partes de la superestructura de un puente de sección compuesta.

## 2. FACTOR DE RUEDA

El "Factor de rueda (FR)" se define como la relación entre el efecto interno (fuerza cortante o momento flector) en una sección de la viga producida por una carga viva móvil, obtenido de un análisis tridimensional y el valor correspondiente determinado mediante un análisis bidimensional usando un tren de cargas de rueda, correspondiente a medio (1/2) camión de diseño:

$$F.R. = \frac{\text{Momento flector real}}{\text{Momento flector calculado para una carga de medio camión}} \quad (1)$$

## 3. MODELADO DE LA SUPERESTRUCTURA Y CONDICIONES DE CARGA

### 3.1. Puente utilizado como modelo

Para el análisis se utilizó un puente de sección compuesta, con una luz entre apoyo de 20 m, Número de vigas 4, separación entre vigas de 2.8m, ancho de calzada de 8.8 m y espesor de la losa de concreto de 184 mm. Las vigas de acero W36x170, con un peralte de 918.7mm y propiedades de sección  $A = 0.032258\text{m}^2$ ,  $I_{xx} = 4.37 \times 10^{-3}\text{m}^4$ ,  $S_x = 9.50 \times 10^{-3}\text{m}^3$ ,  $I_{yy} = 1.33 \times 10^{-4}\text{m}^4$ ,  $S_y = 8.72 \times 10^{-4}\text{m}^3$ , sin arriostramiento lateral. La justificación de no usar el arriostramiento lateral es debida a la poca influencia que ejerce este sobre los valores de la fuerza cortante y momento flector.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Jaramillo H. E., Areiza G. "Efecto de las riostras sobre el factor de rueda en puentes de sección compuesta", Revista El Hombre y La

### 3.2. Modelo por Elementos Finitos

Para el análisis de los modelos se utilizó un modelo tipo *Plate* o placa para la losa de concreto, elemento tipo *Beam* o viga para las vigas y debido a la diferencias de posición de los elementos plate con respecto a los tipo *Beam*, se utilizaron elementos conectores off-set (ver figura 2). Todos los modelos de puente se consideraron simplemente apoyados, solo se restringieron los desplazamientos más no las rotaciones en sus nodos extremos.

La justificación de la selección del tipo de modelo usado se basó en un trabajo anterior<sup>6</sup> realizado por los autores, el cual se recomienda consultar si se desea complementar al respecto.

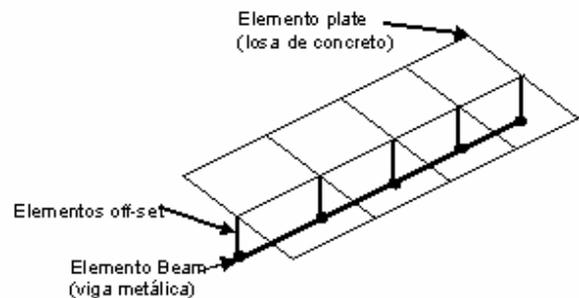


Figura 2. Modelo utilizado en el análisis

### 3.3. Posiciones transversales del camión de carga.

Como el camión o los camiones, generalmente no pasan sobre el puente de forma organizada, es decir centrados sobre su carril, es necesario poder determinar el efecto que puede llegar a producir este en cualquier posición transversal del puente.

Para los análisis se trabajó con dos carriles de tráfico y dos camiones de diseño moviéndose en la misma dirección. Para este caso se analizaron dos condiciones: la primera, los camiones colocados en el centro de la losa lo más unidos posible, y separándose uno del otro hasta llegar al borde de la losa de concreto (figura 9). La segunda opción, los dos camiones juntos colocados en el borde izquierdo de la losa y moviéndose hacia el borde derecho de la losa (Figura 14). Para los desplazamientos del camión anterior se seleccionaron seis posiciones longitudinales denominadas como LC1, LC2, LC3, LC4, LC5 y LC6 (ver figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8), con el objeto de determinar una posible influencia de la posición longitudinal del camión en estos resultados. De las

Máquina, Edición No 18 noviembre de 2002. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.

<sup>6</sup> Jaramillo H. E., Areiza G. "Algunas generalidades sobre el modelado de secciones compuestas usando elementos finitos", Revista Scientia et Technica, Edición No 13 junio de 2000. Universidad Tecnológica de Pereira.

figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8; la letra T, corresponde a la carga sobre una de las ruedas traseras con un valor de 75000N; la letra I, corresponde a una de las ruedas intermedias con una carga de 75000N y la letra D corresponde a una de las ruedas delanteras con una carga de 50000N.

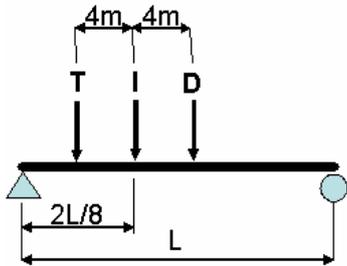


Figura 3. Caso de carga 1 (LC1)

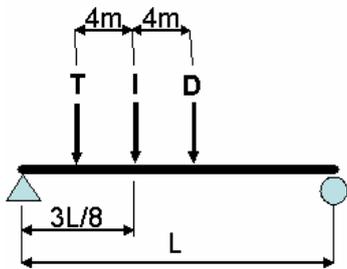


Figura 4. Caso de carga 2 (LC2)

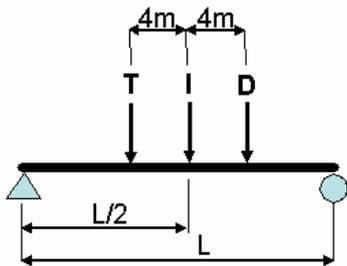


Figura 5. Caso de carga 3 (LC3)

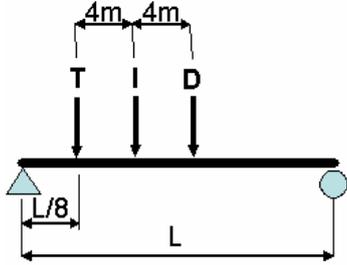


Figura 6. Caso de carga 4 (LC4)

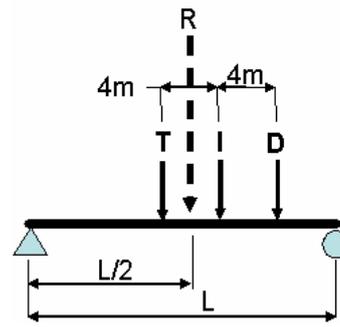


Figura 7. Caso de carga 5 (LC5)

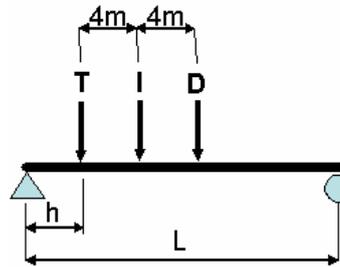


Figura 8. Caso de carga 6 (LC6)

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Los vehículos separándose a partir del centro de la losa.

El comportamiento del factor de rueda para la viga interior y la viga exterior tanto para los valores de la fuerza cortante y momento flector, se muestran en las figuras 15, 16, 17 y 18.

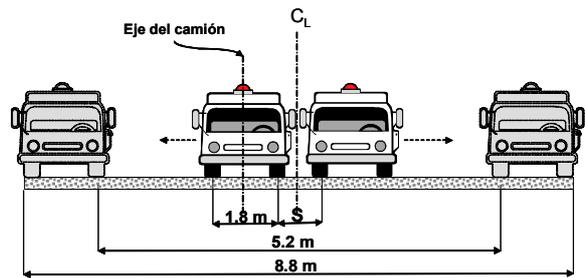


Figura 9. Esquema de los vehículos separándose a partir del centro de la calzada.

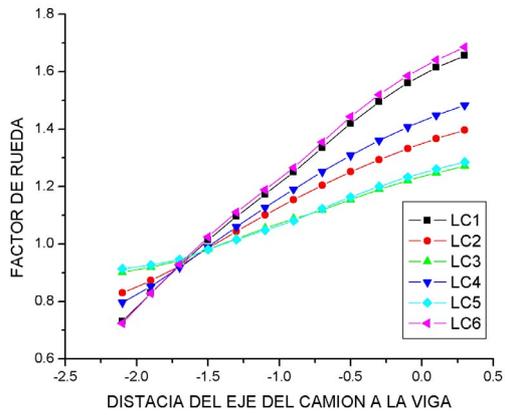


Figura 10. F.R. para Fuerza Cortante en la viga interior

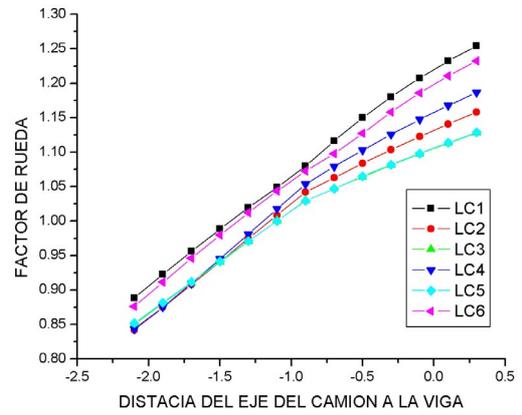


Figura 13. F.R. Para el Momento Flector en la viga interior

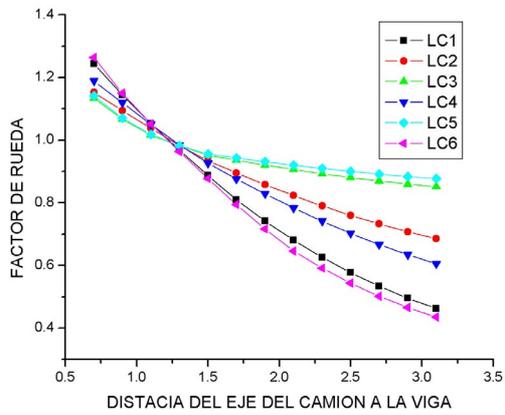


Figura 11. F.R. para Fuerza Cortante en la viga exterior

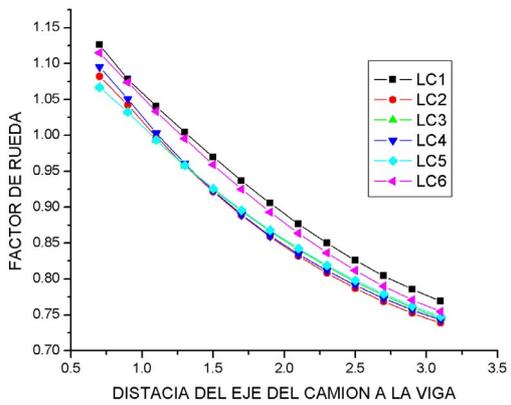


Figura 12. F.R. para Momento flector en la viga exterior

4.2. Camiones unidos y moviéndose lateralmente

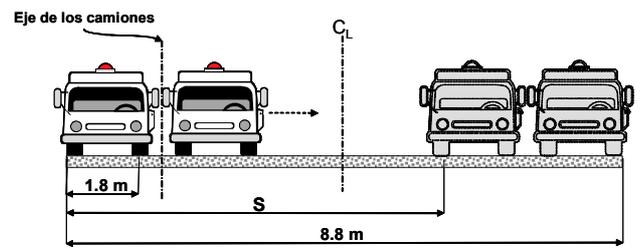


Figura 14. Esquema de los vehículos moviéndose juntos desde

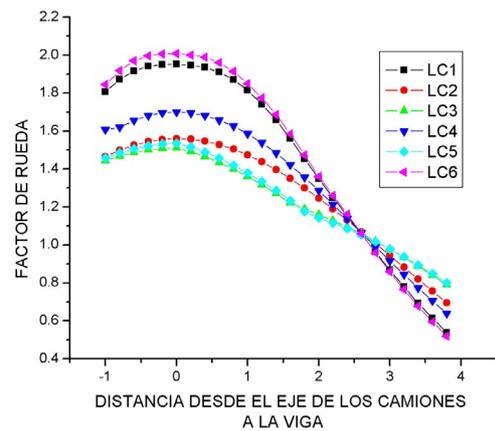


Figura 15. F.R. para Fuerza Cortante en la viga interior

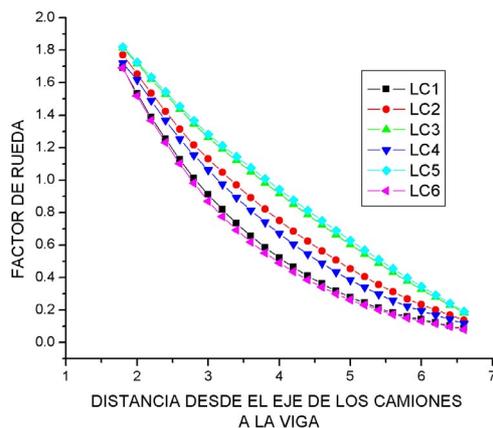


Figura 16. F.R. para Fuerza Cortante en la viga exterior

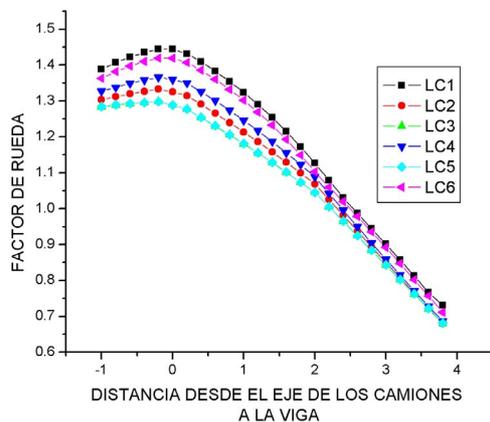


Figura 17. F.R. para el Momento Flector en la viga interior

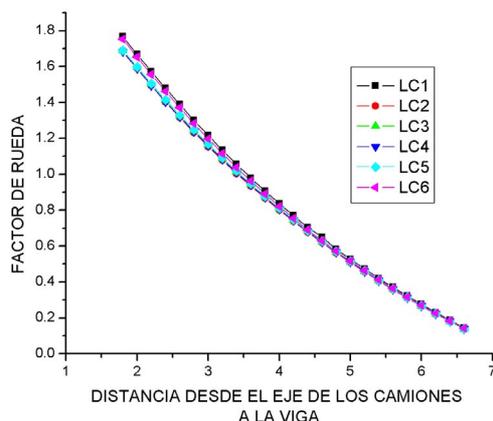


Figura 18. F.R. para Momento flector en la viga exterior

## 5. CONCLUSIONES

De las dos opciones de movimiento lateral del camión la condición más desfavorable, debido a los mayores valores del factor de rueda obtenido, se presenta cuando se mueven los camiones unidos desde el borde izquierdo hasta el borde derecho de la losa de concreto. Esta condición es valida tanto para los valores de fuerza cortante como de momento flector. Adicionalmente, la posición más desfavorable del camión respecto de la posición de la viga se presenta cuando el eje o punto intermedio de los dos camiones coincide con el eje de la viga intermedia, y, para la viga lateral o de borde sucede cuando los dos camiones están lo más cerca posible a esta.

Comparando los valores obtenidos para los factores de rueda con los valores calculados a partir del Código Colombiano de Diseño Sísmico de puentes, los datos obtenidos están por encima para todos los casos de carga en los que los dos camiones se mueven transversalmente juntos. Estos confirman los resultados obtenidos en un trabajo anterior publicado por los autores.<sup>7</sup>

A partir de la figura 10 hasta la figura 18, se puede observar una clara influencia de la posición transversal y longitudinal (LC1 hasta LC6) sobre los valores obtenidos de la fuerza cortante, momento flector y el factor de rueda (FR), por lo que se hace necesario, para el diseño de puentes, tener que trabajar con las condiciones más desfavorables para cada caso.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] BAIDAR, B., LESLIE G. J. Bridge analysis simplified. McGraw Hill Book Company. Singapore 1985.
- [2] GAYLORD, E. GAYLORD, C. Design of steel structures. McGraw Hill. Tokyo 1957.
- [3] MINISTERIO DE TRANSPORTE. Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogota 1995.
- [3] NILSON, A.H., WINTER, G. Diseño de estructuras de concreto. 11ª edición, McGraw Hill. México 1994
- [4] SPYRAKOS C. C., RAFTOYIANNIS, J. Finite element analysis, in engineering practice. Algor inc. Publishing Division. Pittburg, P.A. 1997.

<sup>7</sup> Jaramillo H. E., Areiza G. “Determinación de los factores de rueda en puentes de viga metálica y losa de concreto mediante análisis por elementos finitos”, XIII jornadas estructurales de la Ingeniería en Colombia, Santafé de Bogotá septiembre 30 de 1999.