

Puentes Tipo Compac 200 Colgantes de 39 y 66 Metros de Luz

Oscar Eduardo Otálora Torres*

RESUMEN

En algunas vías colombianas se han venido utilizando puentes metálicos desarmables tipo COMPAC 200 que para luces mayores a 40 metros, se refuerzan colgándolos de cables. Este tipo de utilización no es como el diseño original, sin embargo, la práctica ha demostrado que funcionan, sobretodo cuando se presentan necesidades como comunicar urgentemente entre sí diferentes regiones. Por ejemplo, cuando ha habido la ruptura de un puente permanente en una carretera ya construida y se hace necesario dar una solución rápida y eficaz para el pronto restablecimiento de las comunicaciones viales de la región.

El caso desarrollado en el presente trabajo trata el estudio de los puentes Compact 200 de las siguientes longitudes: 39m y 66m. Se hizo una generación de modelos de cada uno de los puentes utilizando el programa COSMOS/M.

I. OBJETIVOS

- Establecer la eficiencia de utilizar un puente colgante tipo COMPAC 200.
- Analizar los puentes teniendo en cuenta las normas de diseño expuestas en el código colombiano de diseño sísmico de puentes.
- Evaluar mediante un modelo matemático el comportamiento de este tipo de solución.
- Que este trabajo sirva como documento de consulta para quienes necesiten efectuar investigaciones acerca de este tipo de puentes.

II. DELIMITACIONES

Las longitudes utilizadas fueron 39 metros y 66 metros modelados mediante paneles iguales de 3.150 mm de longitud cada uno.

Se analizaron los elementos principales de la estructura como cables, pendolones y los más representativos de los cordones superior e inferior y diagonales de cada puente.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Se inicia efectuando una recopilación de toda la información pertinente contenida en manuales y trabajos ya realizados en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, en especial el trabajo que se venía realizando del puente de Sevilla, del cual se extractó una idea general del procedimiento a seguir.

Se procedió al análisis de las estructuras utilizando el programa COSMOS/M y tres modelos para cada puente así:

- El primer modelo consistió en el puente tridimensional con todos sus elementos estructurales de la longitud deseada, el cual se utilizó sin cables y mediante un análisis estático se estableció su flecha en el centro de la luz bajo la acción de su propio peso.
- Con la información obtenida del paso anterior se procedió a elaborar un modelo bidimensional con una inercia equivalente al puente completo, al cual se le adicionaron cables y pendolones, buscando mediante un análisis no lineal elástico, obtener un tensionamiento en los cables de tal forma que bajo la acción de su propio peso no se obtuviera deformación en el centro de la luz.
- Una vez realizado el paso anterior se procedió al análisis del puente completo con cables y pendolones, esto mediante un análisis no lineal elástico y bajo la acción de la carga muerta más la carga viva. Pero al desarrollar este paso se presentó como inconveniente el que los resultados obtenidos en la etapa anterior no sirvieron por lo cual fue necesario encontrar tanto nuevas áreas de cables como tensiones en los mismos utilizando los modelos completos. Finalmente se procedió a realizar el análisis para la línea de carga y para camión de diseño posicionado en $L/2$ y $L/4$, siendo en ambos puentes la mayor exigencia a los diferentes elementos para la línea de carga.

*Ingeniero Civil, Especialista en Estructuras Universidad Nacional de Colombia

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

TIPO DE PUENTES COMPACT 200

Se pueden presentar los siguientes tipos de puentes:

Simple: Va una sola armazón longitudinal.

Doble simple: Longitudinalmente va una armazón al lado de otra (doble baranda), arriostrada convenientemente.

Doble-Doble: Va doble armazón tanto a lo largo como a lo alto, en cada una de las barandas.

Para el caso particular del presente trabajo se analizaron puentes doble-simple en ambos casos y como se mencionó anteriormente los datos utilizados se recopilaron en su totalidad de trabajos anteriores, en ningún caso se realizó visita o mediciones a un puente real.

IV. EVALUACIÓN DE CARGAS

A. CARGA MUERTA.

Es el peso propio de toda la estructura componente del puente. El programa COSMOS/M, utilizado para el análisis de los modelos de puentes, permite que se tome el peso propio de los paneles, arriostramientos y vigas transversales.

Por tanto, la carga a analizar externamente se reduce al tablero que está apoyado sobre las vigas transversales. Se estimó un peso de la carga muerta adicional de 600 kg/m, teniendo en cuenta tanto el manual del puente como los criterios de los trabajos anteriores. Esta carga involucra: tablero metálico, bordillos metálicos, tornillería y demás elementos de fijación.

B. CARGA VIVA.

Es el peso de las cargas móviles aplicadas de los vehículos y peatones. Para el análisis de estos puentes se considera solo el peso de las cargas móviles aplicadas por los vehículos. Según el C. C. D. S. P. (Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes) los puentes ubicados en las nuevas carreteras que se construyan con los recursos del Instituto Nacional de Vías deben diseñarse para la carga del camión standard C-40-95, que en nuestro caso particular se tendrá actuando con el eje intermedio en $L/2$ y en $L/4$. Para luces de puentes mayores o iguales a 28m se utilizara la línea de carga, equivalente a trenes de camiones distribuida en un ancho de 3,05m como específica en la sección A.3.4.2. y en la figura A.3.4b del C. C. D. S. P.

Según la sección A.4.2., las llantas del camión C-40-95 se ubican a 30 cm del borde del tablero, hacia el lado del panel a analizar.

V. GENERACIÓN DE MODELOS

Utilizando elementos BEAM3D se genera un modelo en el programa COSMOS/M para el análisis de cada puente, con lo

cual se diagraman paneles, arriostramientos y vigas transversales; para los cables y pendolones se utilizaron elementos TRUSS2D con una curva de esfuerzo deformación específica, con longitudes y secciones de miembros que concuerdan en forma muy aproximada a las especificadas en el manual Compact 200.

Para el modelo de puente se toman los cordones superior e inferior como continuos en cada panel pero articulados en su unión. Los diagonales y verticales se toman articulados en sus extremos. Las vigas transversales se articulan en sus extremos. Los arriostramientos se toman también articulados en sus extremos.

Referente a los apoyos, se considera un extremo con apoyo de segundo orden (desplazamiento impedido en los tres sentidos), el otro extremo con apoyo de primer orden (se permite el desplazamiento longitudinal del puente más no así el transversal y el vertical). Ambos tipos de apoyo están libres de giro.

Se busca entonces que cada modelo de puente y por consiguiente sus resultados sean acordes a la realidad.

Para la aplicación de las cargas se tuvo en cuenta que estas se aplican en forma gradual en un pseudotiempo, por lo tanto para la simulación se le dio al computador la orden para aplicarla en intervalos de 0,125 seg. El modelo utilizado se puede apreciar en la figura 1.

VI. VERIFICACIÓN DE LOS MIEMBROS PRINCIPALES DEL PUENTE

Según la sección A.9.31. y la tabla A.9.8. del C. C. D. S. P., el método utilizado para el chequeo de los miembros es el de esfuerzos admisibles. El acero estructural de los miembros del panel es el del tipo M270 Grado 50 con $F_y = 35,1 \text{ kg/mm}^2$ y $F_u = 45,7 \text{ kg/mm}^2$.

Solo se chequean los miembros más críticos de acuerdo a la posición dentro del puente, es decir, diagonales y verticales del panel, cordón superior e inferior, los cables y pendolones en la zona central del puente.

VII. DEFLEXIONES

El artículo A.9.6.2 del C. C. D. S. P. especifica que los miembros con luces simples o continuadas deberán diseñarse de tal forma que la deflexión causada por las cargas vivas de servicio más impacto no exceda a $1/800$ de la luz.

En el cuadro 1 se muestra la máxima deflexión por carga viva obtenida para los diferentes modelos de puentes. Comparando ésta con la permisible se puede afirmar que los modelos de puentes tienen buen comportamiento en cuanto a deflexiones se refiere.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez realizado el análisis no lineal de los dos puentes, se puede observar que para las longitudes señaladas estos se comportan de manera aceptable para las solicitaciones requeridas, por tanto se consideran aptos para ser utilizados en nuestras vías troncales como solución en momentos de crisis para dar paso provisional y sería una alternativa interesante para colocarlos como paso permanentes o semipermanentes en las vías de segundo y tercer orden, es decir en vías Departamentales y/o veredales y lograr así desarrollar más nuestras regiones apartadas.

Durante el proceso de análisis se detectó que para estos puentes de acuerdo con el área del cable colocado se pueden tener ciertos rangos de tensionamiento en éste para los cuales los resultados no varían significativamente; es así como para la luz de 39 m. se determinó que funciona adecuadamente suspendido de dos cables de 2" y su tensionamiento puede variar entre 1.000 y 5.000 kg, y para la luz de 66 m. éste funciona adecuadamente suspendido por cuatro cables de 2" y al igual que el anterior su tensionamiento puede variar entre 1.000 y 5.000 kg. Por tanto se puede concluir que para un comportamiento adecuado de estas estructuras es más importante el área de los cables que el tensionamiento que se

les dé. Pero debe estudiarse mas a fondo este concepto.

En cuanto a esfuerzos en los elementos se comprobó que para las luces señaladas siempre se obtuvieron las mayores solicitaciones con la línea de carga que con el camión C - 40 - 95 en otras posiciones y que estos no superan los requisitos de nuestro código, por lo tanto las características de los paneles en cuanto a materiales y secciones se encuentran aptas para su utilización siempre y cuando se coloquen las áreas de cables establecidos.

Por el lado de las deformaciones también se puede concluir buen comportamiento en ambos casos, pues se presentaron deformaciones inferiores a las exigidas por nuestro código.

Cuadro 1 Deflexiones

LUZ	δ CM	δ CV	L/800	δ CV/L/800
39	21,1 mm	35,91 mm	51,1 mm	0,70
66	35,4 mm	45 mm	82,64 mm	0,54

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. *Código Colombiano de Diseño sísmico de Puentes*. Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías, 1995.

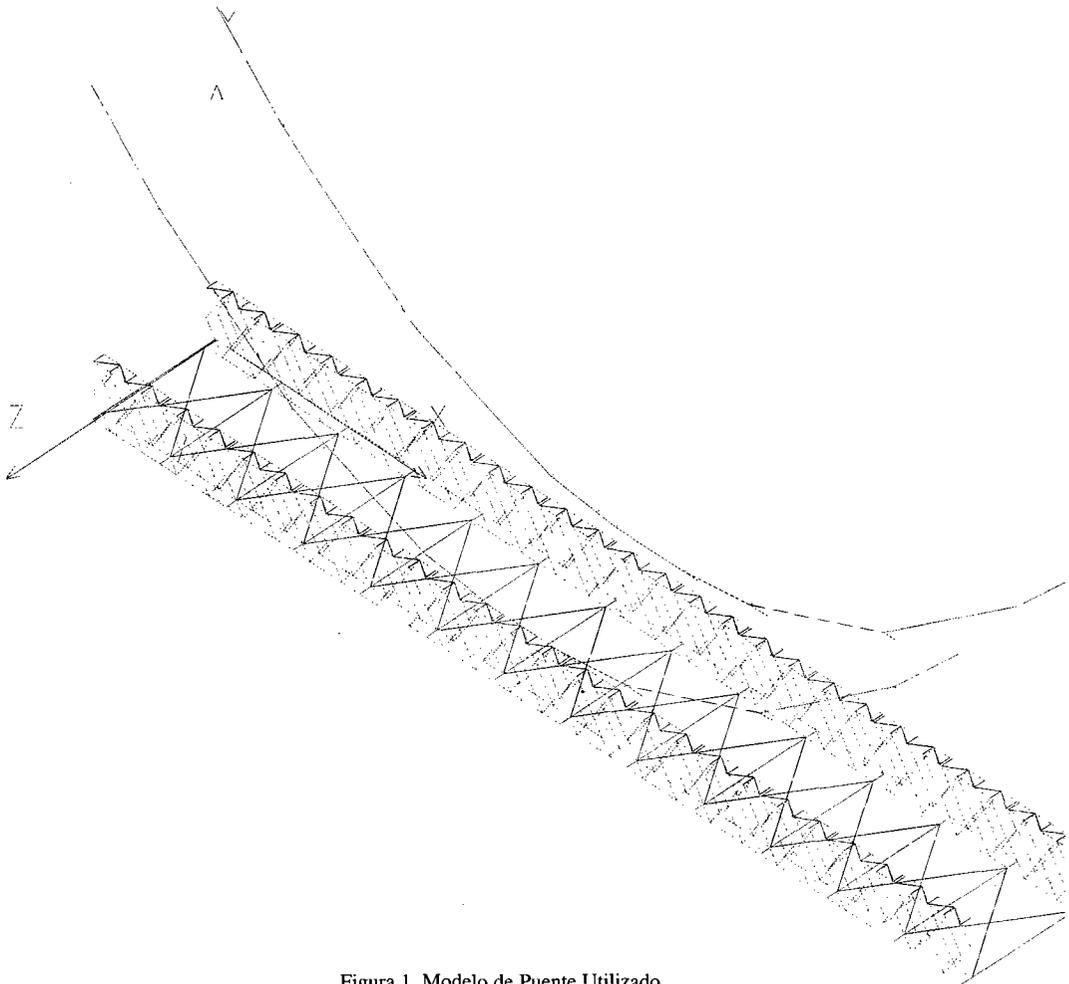


Figura 1. Modelo de Puente Utilizado