



CONCURSO DE ESTRUCTURAS EIA 2018

La Universidad EIA tiene el gusto de invitar a los estudiantes de los colegios de Medellín a participar en el **CONCURSO DE ESTRUCTURAS EIA 2018**.

Es nuestro propósito que los estudiantes de colegios se enfrenten a un desafío real donde tendrán la oportunidad de acercarse al proceso ingenieril, aprender sobre puentes y mostrar sus habilidades.

Pueden participar equipos conformados por tres personas como máximo, compuestos solo por estudiantes de colegios. Se pueden conformar equipos con estudiantes de diferentes instituciones.

[INSCRIPCIONES AQUÍ](#)

Se reciben inscripciones hasta el 20 de septiembre de 2018. Es indispensable realizar la inscripción para recibir las especificaciones del concurso y poder concursar.

FECHA Y LUGAR DEL CONCURSO

Recepción de modelos, ensayo y resultados.

- Fecha: jueves 27 de septiembre de 2018 de 2:00 a 5:00 p.m.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A SOLUCIONAR

El reto es construir un modelo a escala de un puente que se utilizará para cruzar una hondonada cuyo perfil de terreno se observa en la Figura 1, teniendo en cuenta las exigencias dadas en los siguientes numerales.

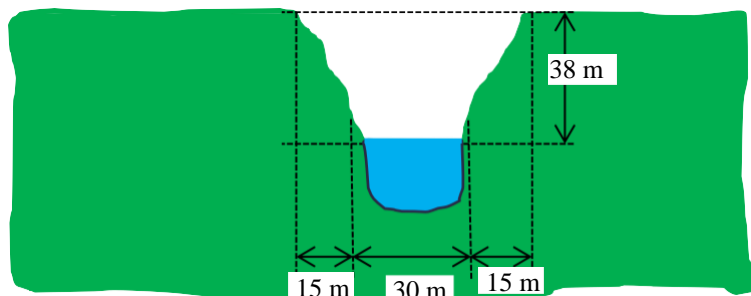


Figura 1. Perfil del terreno en el sitio del puente a construir

2. ESPECIFICACIONES

2.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

Cada equipo decide la posición para ubicar el puente en el terreno. Sin embargo, se debe localizar entre los límites de altura mostrados en la figura 2.

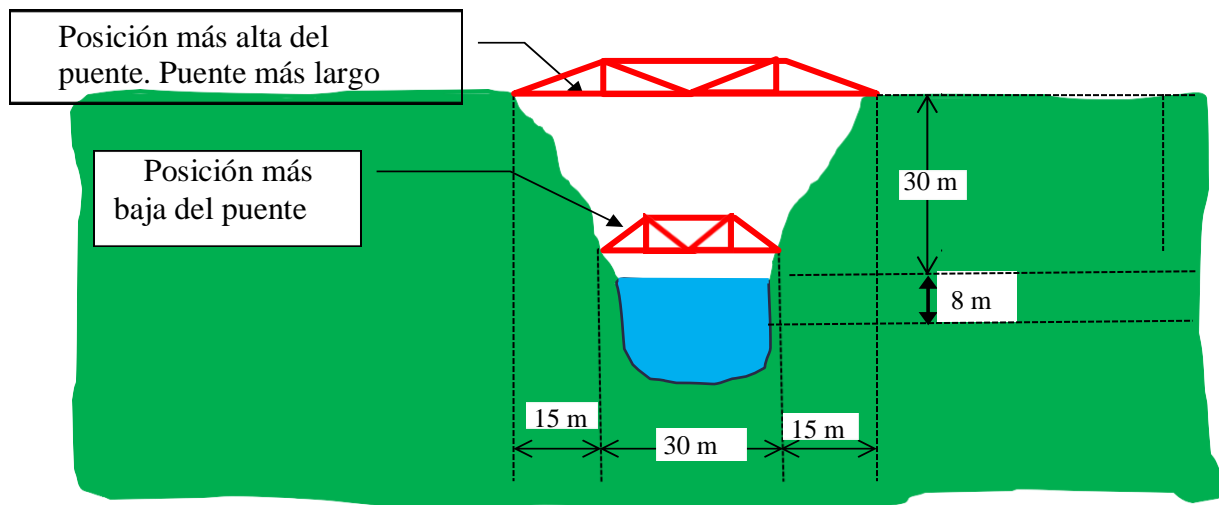


Figura 2. Opciones de alineamiento de la vía según la longitud del puente seleccionado

ALGUNAS PISTAS PARA TOMAR LA DECISIÓN:

- A. Se puede mantener un alineamiento totalmente horizontal de la vía, en cuyo caso se tendría un puente de 60 m de longitud (Ver Figura 2, Posición más alta para el puente).
- B. Se puede acercar el puente al cauce cambiando las pendientes de las vías de aproximación a ambos extremos, con un 7% máximo de pendiente, en cuyo caso se lograría un puente de 30 m longitud (Ver Figura 2, Posición de

puente más bajo).

NOTA:

Se debe tener en cuenta que un puente de mayor longitud es más costoso en cuanto a su estructura, pero a la vez requiere un menor movimiento de tierra, según se puede observar en la Figura 3.

Por lo tanto, si se construye el puente en la posición más baja, éste será más corto... **PERO** se requiere de cortes y movimientos de tierra que **NO** se necesitarían al elegir la posición de puente más alta, por lo que los costos de construcción **PUEDEN AUMENTAR**.

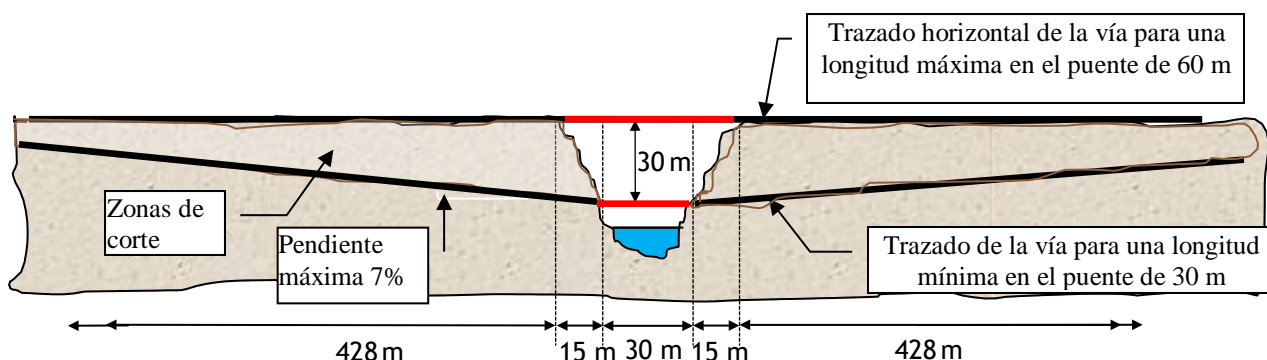


Figura 3. Perfil del terreno y trazados tentativos de la vía

2.2. GEOMETRÍA DEL MODELO

Es importante tener en cuenta que la geometría exigida para el modelo, además de reglamentar la construcción de los prototipos, corresponde a las dimensiones para que los modelos se acomoden a la máquina de prueba y al carro de prueba móvil, por lo tanto, si se incumplen, existe la posibilidad de que no pueda participar ya que no cabría en la máquina. Se deben respetar los mínimos y máximos estipulados, ya que éstos aseguran que el modelo quepa en la máquina de ensayo y sobre él pueda pasar el carro de prueba móvil.

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA GEOMETRÍA DEL PUENTE

El modelo se debe construir en una escala 1:50 con respecto a las medidas del puente real dadas a continuación (1 m de la longitud del modelo representa 50 m de la longitud del puente real):

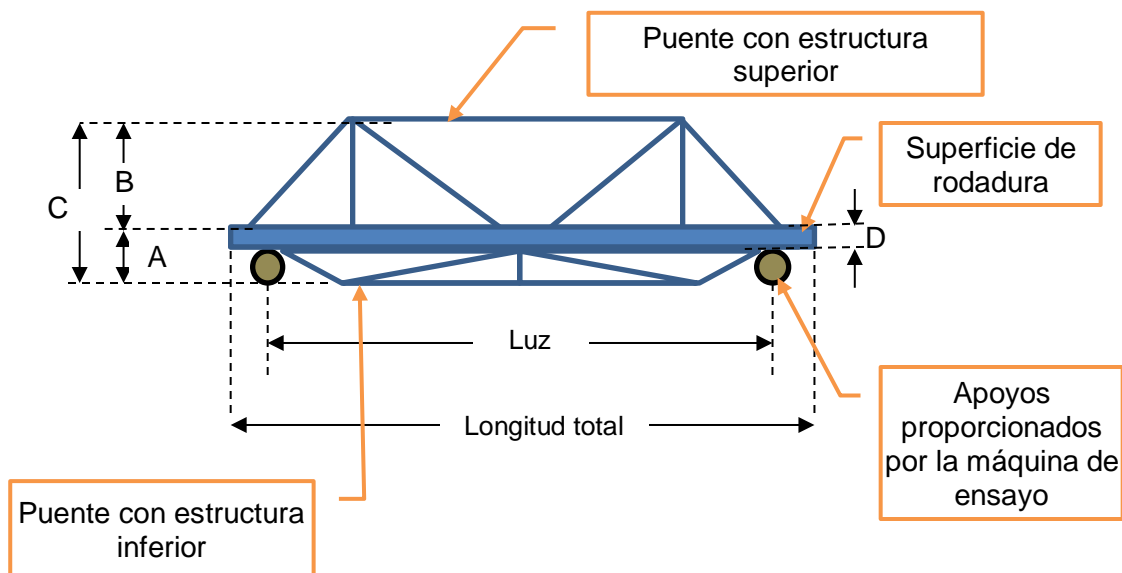


Figura 4. Sección longitudinal del modelo. Medidas máximas y mínimas

Luz o distancia entre apoyos: entre 30 y 59 m.

IMPORTANTE: Se deben marcar con tinta en el modelo los puntos de apoyo.

Longitud total del puente (Long): corresponde a la luz del puente más 0,5 m a cada lado, por lo que debe estar ser entre 31 m y 60 m.

Las alturas máximas del modelo por encima y por debajo de la carpeta de rodadura deben ser las siguientes (Ver figura 4 en la cual se presentan las medidas según la nomenclatura):

A= Medida máxima entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la estructura: 5 % de la longitud total del puente ($Luz/20$).

B= Medida máxima entre la superficie de rodadura y el extremo superior de la estructura: 20 % de la longitud total del puente ($Luz/5$).

C= Altura máxima total: 25 % de la longitud del puente ($Luz/4$).

D= Espesor de la superficie de rodadura, máximo un metro.

Ancho: Medidas mínimas: el puente a construir debe tener circulación en ambas direcciones con carriles de un ancho mínimo de 3,50 m.

Medidas máximas: se indican en la Figura 5.

- Ancho libre mínimo: 7,0 m, correspondientes a 2 carriles de 3,5 m sin andenes.
- Ancho externo máximo: 8,5 m entre bordes externos, correspondientes a 2 carriles de 3,5 m, un sobrancho de 0,75 m para estructuras laterales o andenes.

Es opcional el construir o no andenes.

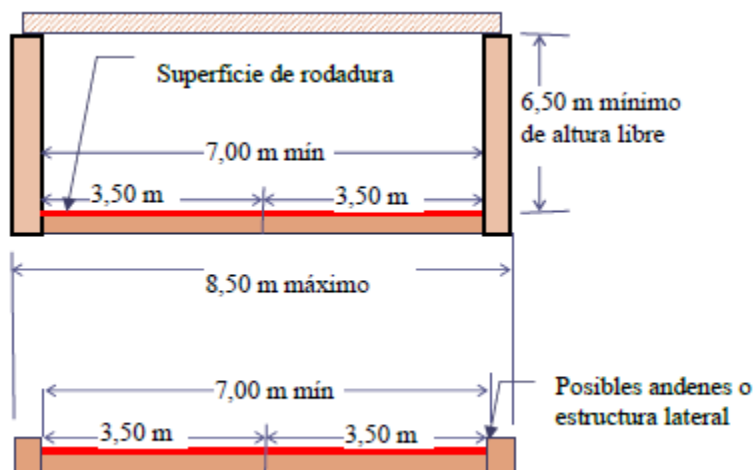


Figura 5. Medidas de la sección transversal del puente

Superficie de rodadura (medidas del prototipo): es obligatorio que todos los modelos dispongan de una superficie de rodadura **plana horizontal** con un ancho mínimo real de 14 cm y de longitud igual a la del puente a construir, ésta debe ser obligatoriamente **una sola tabla de balso de no más de 5 mm de espesor**. En esta longitud se debe dejar una altura libre de 13 cm, sin obstáculos para permitir el paso de vehículos. En consecuencia, el prototipo del puente debe permitir deslizar un bloque rectangular de 14 cm de ancho y 13 cm de alto en toda su longitud. La altura desde la parte superior de los apoyos proporcionados por la máquina de ensayo hasta la superficie superior de rodadura del puente **debe ser máximo de 2 cm**, esto con el fin de facilitar la prueba móvil. Ver Figura 4 y Figura 9.

Apoyos proporcionados por la máquina de ensayo: la máquina de ensayo cuenta con dos varillas de acero de 13 mm de diámetro a cada lado, como puntos de apoyo para los prototipos. Estas varillas son móviles y se acomodan de acuerdo con la luz del puente definida por los concursantes. Tenga en cuenta que estos serán los únicos puntos de apoyo de su modelo. Si no se cumple con las dimensiones generales del puente, la máquina no podrá soportarlo.

- **Contacto del puente con los apoyos:** para evitar que se construyan modelos de puentes de una sola tabla maciza, solo se permiten dos puntos de apoyo del modelo sobre las varillas a cada lado. Estos puntos deben ser planos y con un ancho no mayor a 2 cm. El puente no debe tocar los apoyos lateralmente ni por debajo; el único contacto entre el puente y los apoyos es en la parte superior de las varillas. Ver Figura 6.

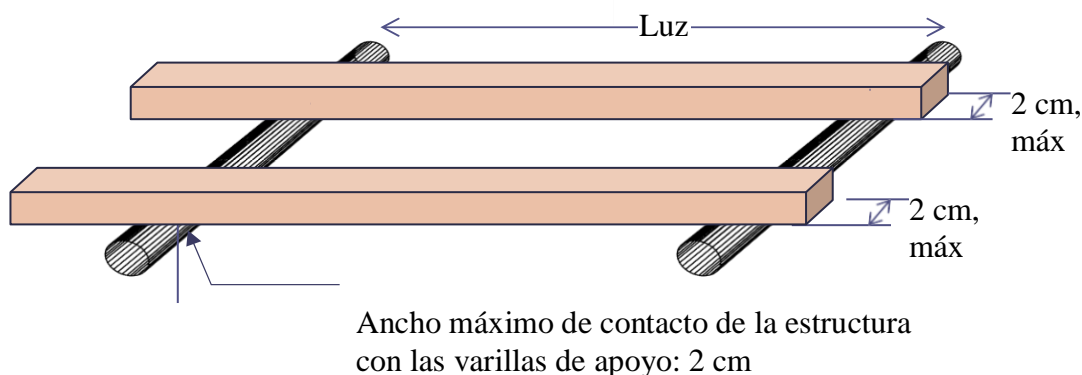


Figura 6. Detalle de apoyo de estructura en varillas

2.3. PESO MÁXIMO DEL MODELO

El peso máximo depende de la luz (L) del puente, a mayor longitud se admite un peso mayor. El valor de peso máximo para puentes con la luz máxima de 59 m es de 7 N (686 gr-f), el valor máximo para puentes con la longitud mínima de 30 m es de 4,5 N (460 gr-f). Para otras luces el peso máximo se determina proporcionalmente, por ejemplo un puente con una luz o distancia entre apoyos de 45 m es de 5,8 N. Para el cálculo del peso máximo en función de la luz se utiliza la siguiente proporción:

$$\text{Peso máximo del modelo} = \frac{(5 * L) + 111}{58}$$

Se trata de construir el modelo que soporte la mayor carga con el menor peso posible.

2.4. MATERIALES

Las medidas dadas en este numeral corresponden a medidas reales de las piezas y del modelo.

Solo se permiten los siguientes materiales para la construcción del modelo

- Balso: la estructura principal del modelo se construye a base de elementos de balso comercial con las siguientes medidas, Varillas de medidas transversales máximas de 15 mm x 15 mm. Estos elementos **NO** se pueden pegar longitudinalmente para conformar miembros estructurales de mayor sección transversal. Para unir elementos longitudinalmente se puede recurrir a traslapos como se muestra en la Figura 7. En la zona de traslapo (unión) se pueden usar elementos de balso como refuerzo que den un sobre ancho máximo de 5 mm a la pieza, estos pueden ser tablillas de balso (ver Figura 8).
Tabla de balso para el tablero: espesor máximo 5 mm, ancho y longitud definidas por el tamaño del prototipo
- Cáñamo (hilo de zapatero). Solo puede ser utilizado para cables o tirantes de la estructura.

- Pega para madera tipo colbón o UHU. Solo se utiliza en los puntos de unión de elementos y nunca como recubrimiento de los elementos estructurales.
- Se permite utilizar alfileres normales de modistería o puntillas delgadas como elementos de conexión.

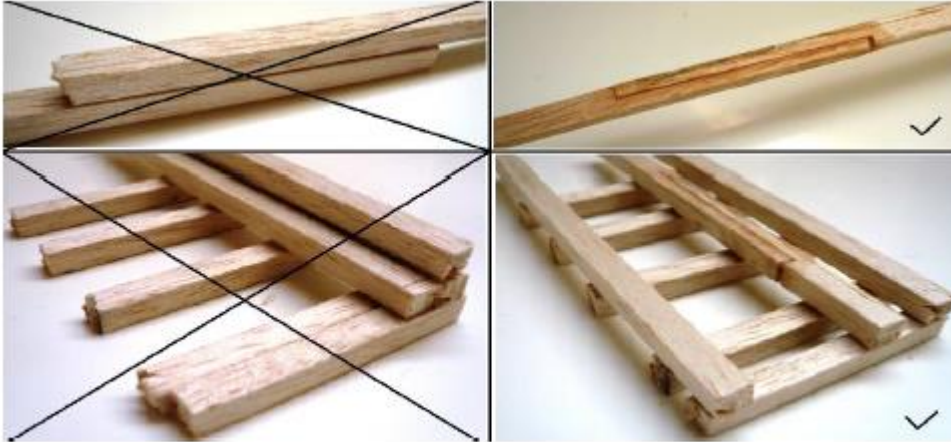


Figura 7. Pegas permitidas en los elementos de balsa

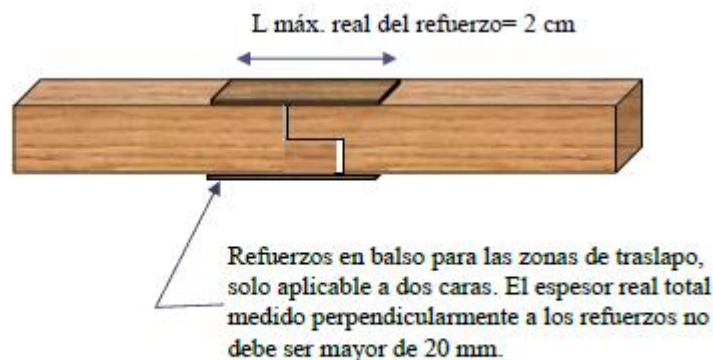


Figura 8. Refuerzos en las zonas de traslapos entre piezas de balsa.

2.5. ESPECIFICACIONES PARA EL ENSAYO

La prueba de los modelos consta de dos tipos de ensayos, uno por carga móvil y otro por carga estática.

- Carga móvil

El modelo del puente debe resistir una carga móvil puntual de 245 N (25 kg-f) pasando por toda la longitud del puente sin que se presente rotura, falla o desconexión en alguna parte del prototipo. La carga móvil consiste en un carro de 10 cm ancho.

Si éste no logra soportar el paso de la carga móvil en ambos sentidos (se ensaya de izquierda a derecha y de derecha a izquierda) será descalificado. Esta prueba se efectúa antes de la prueba de carga central máxima.

El vehículo de carga móvil se apoyará sobre dos rodillos paralelos de 4,5 cm de ancho y 2 cm de ancho que recorrerán toda la longitud del puente una sola vez. Ver

Figura 9.



Figura 9. Ensayo a carga móvil

- Carga estática

Se ensaya el modelo aplicando una fuerza vertical sobre la carpeta horizontal en un área de 10 cm x 10 cm, localizada en el centro de la luz. La carga aumentará progresivamente hasta que el puente falle o alcance la deflexión máxima.

Para efectos del ensayo, el modelo debe dejar pasar verticalmente, por su parte superior central, un pistón de 6 cm de diámetro. **Note que el ensayo se realiza por la parte superior por lo tanto no debe haber ningún elemento que impida la aplicación de la carga. Ver Figura 10.** La carga vertical se aplicará sobre una platina metálica de 10 cm x 10 cm ubicada sobre la carpeta de rodadura, esta es proporcionada por los organizadores del concurso.

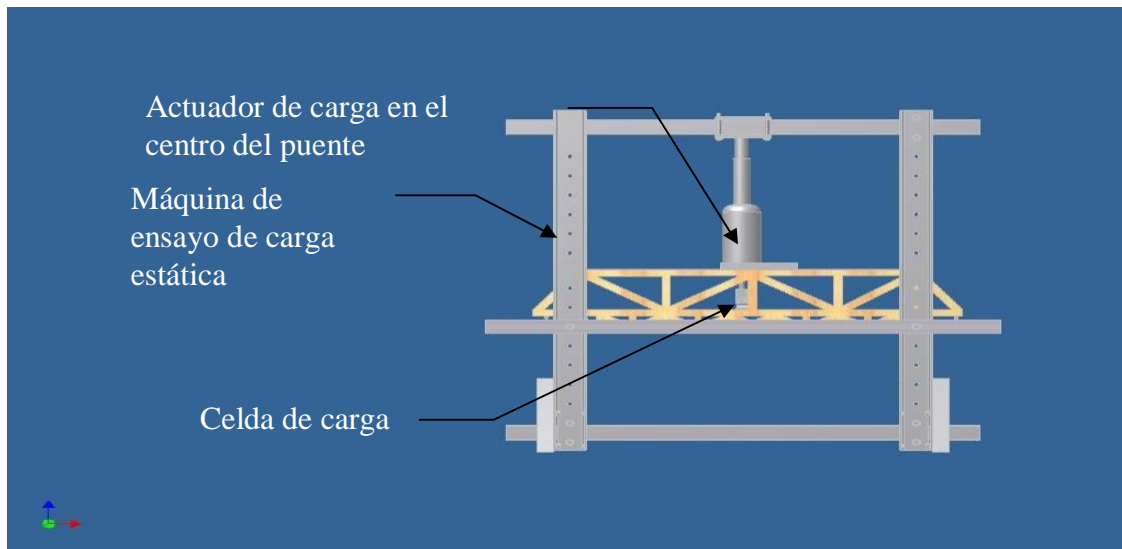
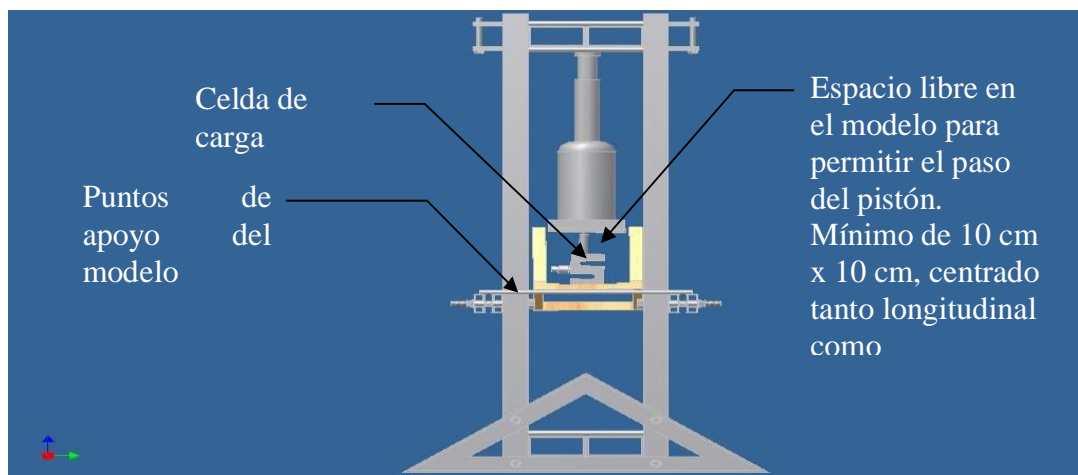
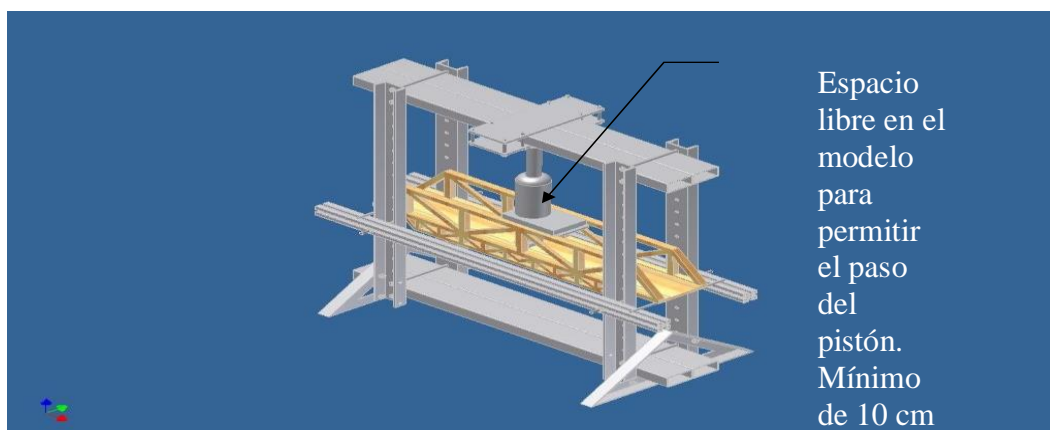


Figura 10. Montaje para el ensayo a carga estática



*Detalle figura 10.



*Detalle figura 10.

3. CALIFICACIÓN DE LOS MODELOS

Los modelos se calificarán teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

3.1. Puente que tenga la mayor rentabilidad o utilidad

La utilidad se calcula como la diferencia entre los ingresos y el costo de la construcción.

$$Utilidad = Ingresos - costos de construcción$$

Los concursantes deben ponderar el costo de la estructura y del movimiento de tierra, en compensación con las posibles utilidades que se obtienen al cobrar peajes de mayor valor por permitir el paso de vehículos de mayor carga.

Dónde:

- **Ingresos**

Están dados por el cobro de peajes que se calculan de manera proporcional a la fuerza máxima en Newton [N] soportada por el modelo. *Ver la siguiente fórmula.*

$$\text{Ingreso por peajes} = \text{fuerza máxima soportada [N]} * \left(\frac{\$ 500}{N} \right)$$

Esta relación se debe que al permitir el paso de vehículos de mayor carga, el costo del peaje podría ser más costoso ya que el puente tiene la resistencia para soportarlo. Por lo que se obtienen mayores ingresos.

- **Costos de construcción**

Depende del costo de la estructura **(A)** y del costo del movimiento de tierra acorde con la geometría del perfil de vía seleccionado **(B)**.

- A. El costo de la estructura se relaciona con su peso, puentes más livianos utilizan menos material en su construcción. *Ver la siguiente fórmula.*

Costo de la estructura:

$$\text{Peso del modelo en Newton [N]} = W = \text{Masa del modelo [g]} * \frac{10 \text{ m/s}^2}{1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}$$

$$\text{Costo de la estructura} = W^2 * \frac{\$2200}{N^2}$$

- B. El costo del movimiento de tierra se define por el volumen movido al escoger un puente de menor longitud. El volumen de tierra extraída se calculará teniendo en cuenta un ancho fijo para todos los modelos de 7 m. La L representa la luz libre del puente, es decir, la distancia entre sus puntos de apoyo. *Ver la siguiente fórmula.*

Costo del movimiento de tierra:

$$\text{Volumen de tierra extraída [m}^3\text{]} = (60 \text{ m} - L)^2 * 13,875 * 7\text{m}$$

$$\text{Costo del movimiento de tierra} = (\text{Volumen de tierra extraída [m}^3\text{)}) * \frac{\$8,0}{\text{m}^3}$$

4. CONDICIONES PARA LA ENTREGA DE MODELOS

El día del concurso, el modelo se lleva a la Calle de la Cultura de la Universidad EIA. **El modelo se marca con marcador de tinta indeleble con los nombres de los concursantes de forma visible.**

5. EJEMPLO ESCALA

Se requiere construir un modelo de una estructura de 45 metros de largo y un ancho de 7 metros en una escala 1:50, se requiere encontrar las medidas reales del

modelo a construir.

$$Largo = 45 m * \frac{1}{50} = 0,9 m$$

$$Ancho = 7m * \frac{1}{50} = 0,14 m$$

Note que para encontrar las medidas del modelo simplemente se dividió por el número de la escala. El modelo a construir en este caso es de 90 cm de longitud y 14 cm de ancho.

6. REFERENCIAS CONSULTADAS

<http://bridgecontest.usma.edu/>