

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1. Conclusiones.

1. Se diseñó un módulo con un peso aproximado de 453.50 kg y que permitirá realizar el montaje de las distintas configuraciones del puente metálico.
2. Se diseñaron los puentes metálicos modulares para luces de 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33 y 36 metros, con una carga móvil de 32.7 toneladas correspondiente al camión de diseño HS-20-44.
3. Se diseñaron las protecciones laterales del puente con una carga de 75 kg/m, la misma que es impuesta por las especificaciones de la AASHTO para el diseño de puentes.
4. Se determinó que el cortante máximo debido a la carga móvil en un puente de 36 metros se produce cuando el eje posterior del camión se encuentra ubicado sobre el apoyo del puente y su valor es de 30.13 [Ton]. Además, se estableció que el momento máximo de diseño producido por dicha carga es de 256.125 [Ton-m] cuando el eje intermedio del camión se encuentra a una distancia de 18.71 [m] del apoyo.
5. Se determinó que el momento máximo debido a la carga muerta total para un puente de 36 metros de luz es de 523.66 [Ton-m]
6. Se determinó que las deflexiones máximas debidas a la carga viva más el impacto para un puente de 36 metros de luz es de 41.9 mm, la cual resulta inferior a la relación  $L/800$  que establece las especificaciones de la AASHTO para el diseño de puentes.

7. Se determinó que la deflexión máxima en un puente de 36 metros debido a las cargas muertas es de 92 mm en el centro del mismo.
8. Se simuló en el Sap2000 cada uno de los puentes contenidos en este proyecto (luces de 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 33 y 36) y se verificó el diseño por el método ASD a cada uno de los elementos que constituyen estos puentes.
9. Se determinó que el módulo, tanto en la simulación en el programa Sap 2000 como en el Cosmos Works, presenta un desplazamiento vertical de 0,34 mm, debido a la carga de 16000 libras aplicada en la mitad de este.
10. Como resultado de la simulación en el programa Cosmos Works se determinó que la conexión del módulo presenta un esfuerzo normal máximo de 30 Ksi, y un mínimo de -5.14 Ksi, además su deformación unitaria normal máxima es de 0.000847 y la mínima es de 0.0000394. También, esta conexión presenta un desplazamiento máximo de 0.17344 mm y un desplazamiento mínimo de 0,171578.
11. La verificación del diseño realizada por el programa Cosmos Works, generó un factor de seguridad en la conexión de 2.3 para evitar la falla debido a los efectos producidos tanto por el esfuerzo normal máximo, como el esfuerzo cortante máximo. El pasador tiene un factor de seguridad de 3.4 para evitar la falla debido al esfuerzo cortante máximo.
12. Se estableció que el costo de producción de un módulo es de 1,73 USD por kilogramo de peso del mismo y que su costo de producción unitario es de 783,83 USD.
13. Se determinó que el costo total de un puente de 3 y 36 metros de luz es de 4723,04 USD y 140066,28 USD respectivamente.

## **8.2. Recomendaciones**

1. Realizar la construcción de un módulo a tamaño real o a escala para la realización de ensayos y pruebas.
2. Se recomienda realizar las mejoras que se consideren necesarias en el diseño de este puente, con el fin que sea llevado a la práctica para el bien comunitario.
3. A las autoridades de la ESPE se recomienda mayor agilidad en los trámites de los convenios con las empresas interesada en apoyar estos tipos de proyectos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. The AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges Design, Edition 17<sup>a</sup>, 2002.
2. AASHTO LRFD Bridge Design Specification, 3<sup>a</sup> Edición 2004.
3. Bridge Welding Code AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2002.
4. AISC ASD Manual 9th Edition.
5. AISC Manual of Steel Construction LRFD, Second Edition.
6. ASTM A709: Especificaciones estándar para aceros estructurales para puentes.
7. ASTM A36: Especificaciones estándar para aceros estructurales al carbono.
8. ASTM A572: Especificaciones estándar para aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación de Columbio-Vanadio.
9. ASTM A588: Especificaciones estándar para aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación con un límite de fluencia mínimo de 50 KSI hasta espesores de 4 in.
10. ASTM A852: Especificaciones estándar para placas de acero estructural de baja aleación, templados y revenidos con un límite de fluencia mínimo de 70 KSI hasta espesores de 4 in.

11. ASTM A514: Especificaciones estándar para placas de acero aleado de alta resistencia a la cedencia, templados y revenidos, apropiados para soldadura.
12. Especificaciones para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío, AISI.
13. Código de práctica normalizada para edificios y puentes de acero, AISC.
14. Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes, MOP.
15. Manual Bailey y Uniflote, Acrow Press, 1970.
16. Brockenbrough Roger, Merritt Frederick, Manual de diseño de estructuras de acero, segunda edición, Mc Graw Hill, 1997.
17. Gere James, Mecánica de materiales, quinta edición, Thomson Learning, 2002.
18. McCormac, Diseño de estructuras metálicas por el método ASD, cuarta edición, Alfaomega, 2000.
19. McCormac, Diseño de estructuras metálicas por el método LRFD, segunda edición, Alfaomega, 2005.
20. O'Connor Colin, Design of bridge superstructures, Wiley-Interscience, 1971.
21. Sap 2000, Introductory Tutorial, 2005.
22. Puentes de madera, Sistema de la ONUDI de puente modular prefabricado.
23. Puente metálico de estructuras combinadas CI40-L35, Escuela Superior Técnica "Gral. Manuel Savio".
24. ACROW 700XS TECHNICAL HANDBOOK, second edition, Acrow Corporation.
25. INEN, Código de dibujo Técnico-Mecánico.
26. Jensei, Hesel, Short, Dibujo y diseño en ingeniería, sexta edición, Mc Graw Hill, 2004.
27. [www.acrowusa.com](http://www.acrowusa.com)
28. [www.baileybridge.com](http://www.baileybridge.com)
29. [www.jansonbridging.com](http://www.jansonbridging.com)
30. [www.mabey.co.uk](http://www.mabey.co.uk)
31. [www.ansi.org](http://www.ansi.org)
32. [www.kubiec.com](http://www.kubiec.com)
33. [www.novacero.com](http://www.novacero.com)

# **ANEXOS**

# ANEXO A

## CANTIDAD DE COMPONENTES PARA PUENTES DE VARIAS LUCES

| COMPONENTES PRINCIPALES DEL PUENTE |                      |                |                                 |                  |                                     |                                    |                   |                                   |                      |                          |               |                                 |                                    |
|------------------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Longitud del puente [m]            | Tipo de construcción | No. de módulos | No. de cordones de acoplamiento | No. de pasadores | No. de arriostramientos principales | No. de arriostramientos auxiliares | No. de diafragmas | No. de estabilizadores laterales. | No. de vigas de piso | No. Guardavías metálicas | No. de postes | Piso metálico [m <sup>2</sup> ] | Losa de hormigón [m <sup>3</sup> ] |
| 3                                  | Simple               | 2              | 0                               | 0                | 1                                   | 0                                  | 1                 | 0                                 | 3                    | 2                        | 4             | 10,80                           | 2,16                               |
| 6                                  | Simple               | 4              | 2                               | 6                | 2                                   | 0                                  | 2                 | 0                                 | 5                    | 4                        | 6             | 21,60                           | 4,32                               |
| 9                                  | Simple               | 6              | 4                               | 12               | 3                                   | 0                                  | 3                 | 0                                 | 7                    | 6                        | 8             | 32,40                           | 6,48                               |
| 12                                 | Doble                | 16             | 12                              | 36               | 4                                   | 8                                  | 4                 | 8                                 | 9                    | 8                        | 10            | 43,20                           | 8,64                               |
| 15                                 | Doble                | 20             | 16                              | 48               | 5                                   | 10                                 | 5                 | 10                                | 11                   | 10                       | 12            | 54,00                           | 10,80                              |
| 18                                 | Doble                | 24             | 20                              | 60               | 6                                   | 12                                 | 6                 | 12                                | 13                   | 12                       | 14            | 64,80                           | 12,96                              |
| 21                                 | Doble                | 28             | 24                              | 72               | 7                                   | 14                                 | 7                 | 14                                | 15                   | 14                       | 16            | 75,60                           | 15,12                              |
| 24                                 | Doble                | 32             | 28                              | 84               | 8                                   | 16                                 | 8                 | 16                                | 17                   | 16                       | 18            | 86,40                           | 17,28                              |
| 27                                 | Triple               | 54             | 48                              | 144              | 9                                   | 36                                 | 9                 | 36                                | 19                   | 18                       | 20            | 97,20                           | 19,44                              |
| 30                                 | Triple               | 60             | 54                              | 162              | 10                                  | 40                                 | 10                | 40                                | 21                   | 20                       | 22            | 108,00                          | 21,60                              |
| 33                                 | Triple               | 66             | 60                              | 180              | 11                                  | 44                                 | 11                | 44                                | 23                   | 22                       | 24            | 118,80                          | 23,76                              |
| 36                                 | Triple               | 72             | 66                              | 198              | 12                                  | 48                                 | 12                | 48                                | 25                   | 24                       | 26            | 129,60                          | 25,92                              |

## ANEXO B

### PESOS DE LOS COMPONENTES BÁSICOS DEL PUENTE METÁLICO MODULAR

| PESOS DE LOS COMPONENTES BÁSICOS DEL PUENTE METÁLICO MODULAR |                           |                                 |
|--|---------------------------|---------------------------------|
| No   | Componente                | Peso                            |
| 1  | Módulo                    | 453.50 kilogramos               |
| 2  | Cordones de acoplamiento  | 144.73 kilogramos               |
| 3  | Pasador                   | 8.74 kilogramos                 |
| 4  | Arriostramiento principal | 34.11 kilogramos                |
| 5  | Arriostramiento auxiliar  | 22.68 kilogramos                |
| 6  | Diafragma                 | 35.46 kilogramos                |
| 7  | Estabilizador lateral     | 12.35 kilogramos                |
| 8  | Viga transversal          | 168.54 kilogramos               |
| 9  | Poste                     | 9.12 kilogramos                 |
| 10   | Terminal de guardavía     | 11.18 kilogramos                |
| 11   | Guardavía (3m)            | 33.54 kilogramos                |
| 12   | piso metálico             | 41.96 kilogramos/metro cuadrado |
| 13   | Losa de hormigón          | 2400 kilogramos/metro cúbico    |

## ANEXO C

### PESO APROXIMADO DEL PUENTE PARA VARIAS LUCES

| No                                      | Componentes                  | Longitud del puente [m] |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |               |
|---|------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
|   |                              | 3                       | 6            | 9            | 12           | 15           | 18           | 21           | 24           | 27           | 30           | 33            | 36            |
| 1                                       | Módulos                      | 0,907                   | 1,814        | 2,721        | 7,256        | 9,070        | 10,884       | 12,698       | 14,512       | 24,489       | 27,210       | 29,931        | 32,652        |
| 2                                       | Cordones de acoplamiento     | 0,000                   | 0,289        | 0,579        | 1,737        | 2,316        | 2,895        | 3,474        | 4,052        | 6,947        | 7,815        | 8,684         | 9,552         |
| 3                                       | Pasadores                    | 0,000                   | 0,052        | 0,105        | 0,315        | 0,420        | 0,524        | 0,629        | 0,734        | 1,259        | 1,416        | 1,573         | 1,731         |
| 4                                       | Arriostramientos principales | 0,034                   | 0,068        | 0,102        | 0,136        | 0,171        | 0,205        | 0,239        | 0,273        | 0,307        | 0,341        | 0,375         | 0,409         |
| 5                                       | Arriostramientos auxiliares  | 0,000                   | 0,000        | 0,000        | 0,181        | 0,227        | 0,272        | 0,318        | 0,363        | 0,816        | 0,907        | 0,998         | 1,089         |
| 6                                       | Diafragmas                   | 0,035                   | 0,071        | 0,106        | 0,142        | 0,177        | 0,213        | 0,248        | 0,284        | 0,319        | 0,355        | 0,390         | 0,426         |
| 7                                       | Estabilizadores laterales    | 0,000                   | 0,000        | 0,000        | 0,099        | 0,124        | 0,148        | 0,173        | 0,198        | 0,445        | 0,494        | 0,543         | 0,593         |
| 8                                       | Vigas de piso                | 0,506                   | 0,843        | 1,180        | 1,517        | 1,854        | 2,191        | 2,528        | 2,865        | 3,202        | 3,539        | 3,876         | 4,214         |
| 9                                       | Postes                       | 0,036                   | 0,055        | 0,073        | 0,091        | 0,109        | 0,128        | 0,146        | 0,164        | 0,182        | 0,201        | 0,219         | 0,237         |
| 10                                      | Terminales de guardavía      | 0,045                   | 0,045        | 0,045        | 0,045        | 0,045        | 0,045        | 0,045        | 0,045        | 0,045        | 0,045        | 0,045         | 0,045         |
| 11                                      | Guardavías                   | 0,067                   | 0,134        | 0,201        | 0,268        | 0,335        | 0,402        | 0,470        | 0,537        | 0,604        | 0,671        | 0,738         | 0,805         |
| 12                                      | piso metálico                | 0,453                   | 0,906        | 1,360        | 1,813        | 2,266        | 2,719        | 3,172        | 3,625        | 4,079        | 4,532        | 4,985         | 5,438         |
| 13                                      | Losa de hormigón             | 5,184                   | 10,368       | 15,552       | 20,736       | 25,920       | 31,104       | 36,288       | 41,472       | 46,656       | 51,840       | 57,024        | 62,208        |
| <b>Peso aproximado del puente [ton]</b> |                              | <b>7,27</b>             | <b>14,65</b> | <b>22,02</b> | <b>34,34</b> | <b>43,03</b> | <b>51,73</b> | <b>60,43</b> | <b>69,12</b> | <b>89,35</b> | <b>99,37</b> | <b>109,38</b> | <b>119,40</b> |

# PLANOS