

Evaluación del Estado de Conservación Preliminar Proyecto Puentes San José - Caldera (Continuación)

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San Pedro, Costa Rica

Período 2008



Indice Página

1. Objetivo 03

2. Inventario Preliminar 03

3. Descripción de las Estructuras del Inventario 05

1. OBJETIVO

El objetivo del inventario preliminar es el de servir como un punto de partida para la recopilación y manejo futuro de la información pertinente al estado de conservación de los puentes y estructuras similares que forman parte de la línea vial San José - Caldera. Esta información se recopila a partir de los inventarios existentes en las diferentes departamentos gubernamentales, formas de inventario llenas por los ingenieros de zona, entrevistas con los ingenieros residentes de proyectos, revisión de planos con especificaciones y memorias de cálculo, revisión de mapas y listas de carreteras. En este caso, la mayor parte de la información ha sido suministrada por la Dirección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

2. Inventario Preliminar

De acuerdo con la información suministrada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) se establece que sobre la ruta San José - Caldera se localizan 21 estructuras para puente que deberán ser evaluadas en forma preliminar para su posterior clasificación.

Las estructuras incluidas en este inventario son:

1. Puente La Salle
2. Puente sobre el río Tiribí
3. Puente Intersección Escazú
4. puente sobre el río Agres
5. Puente Intersección Multiplaza
6. Puente Intersección Guachipelín
7. Puente sobre el río Corrogres
8. Puente Intersección San Ana
9. Puente La Caraña
10. Puente Uruca
11. Puente Río Segundo
12. Puente Intersección Orotina
13. Puente Intersección Coyolar
14. Puente Intersección Pozón
15. Puente Intersección La Rita
16. Puente Intersección Calle Loros
17. Puente Intersección Huacas
18. Puente Jesús María
19. Puente Intersección Tivives
20. Puente Intersección Salinas
21. Puente Intersección Mata de Limón

Adicionalmente, forman parte de este inventario cuatro estructuras mayores que fueron construidas a partir del año 2000 y por lo tanto se deberían encontrar en un estado libre de deterioro. Estas estructuras son:

1. Puente sobre el río Virilla
2. Puente sobre el río Grande

3. Puente sobre la Quebrada Salitral
4. Puente sobre la Quebrada Salinas

Es importante aclarar que estas cuatro estructuras no están incluidas dentro del proyecto de Conservación San José - Caldera.

Dentro del programa de trabajo del 2007 se ha incluido el estudio de Conservación de las Estructuras comprendidas en el tramo Sabana - Ciudad Colón. El resto de las estructuras se auscultaron en los períodos 2008 y 2009.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL INVENTARIO PUENTE JESÚS MARÍA

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se presentan los resultados obtenidos de las condiciones estructurales actuales del puente sobre el Río Jesús María, siendo éste parte del proyecto de la Carretera San José – Caldera.

Para dicha evaluación se realizó en un principio una inspección visual del puente y de sus componentes estructurales, los cuales son: muros, vigas, uniones, losas, barandas y juntas. Seguidamente se realizó un análisis estructural para determinar la demanda y la capacidad de los principales elementos estructurales. Dicho análisis tomó en cuenta la normativa vigente y se realizó de acuerdo a información brindada por la Constructora San José – Caldera del puente sobre el Río Jesús María.

De acuerdo con la evaluación realizada se presentan las recomendaciones finales para el mantenimiento y la rehabilitación del Paso Superior Río Jesús María con el fin de integrar la estructura en el Proyecto Carretera San José – Caldera de manera que no represente un inconveniente para la autopista y sea estructuralmente seguro y capaz de soportar las cargas vehiculares que se presentan en la zona.

2. CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA

El Paso Superior Río Jesús María forma parte del proyecto Carretera San José – Caldera y se ubica en la estación 69+870 de dicha autopista. Su estructura es enteramente de concreto estructural, siendo parte de sus elementos prefabricados y otros colados en sitio. Longitudinalmente el puente posee cinco vanos, dos de 17,50 metros en los extremos y tres de 28,50 metros en el centro, por lo cual su longitud total es de 120,50 metros. Transversalmente el puente posee un ancho de calzada de 10,30 metros y está constituido por dos carriles, espaldones pequeños y aceras al lado de la vía, también existen barandas de concreto reforzado a ambos lados, según se muestra en la figura No. 1.

Figura No. 1 Paso Superior Río Jesús María.



La estructura del puente se considera simplemente apoyada en la dirección longitudinal con columnas en voladizo en la dirección transversal, además no cuenta con sesgo alguno. En el costado norte del puente existe una elevación de la rasante, por lo cual el alineamiento vertical presenta una pendiente, sin embargo el alineamiento horizontal es recto.

La superficie de rodamiento está compuesta de losas prefabricadas y un complemento estructural colado en sitio, el espesor de la superficie de rodamiento varía entre 0,22 y 0,27 metros de espesor.

La superestructura del puente posee cinco vigas longitudinales tipo "I" de concreto. En los vanos cortos de los extremos las vigas poseen un peralte de 0,97 metros, mientras que en los vanos centrales se supone un peralte de 1,28 metros ya que son las dimensiones típicas para este tipo de luces. Las vigas poseen un ancho de patín de 0,48 metros, mientras que el alma posee un ancho de 0,18 metros. La separación entre vigas es de 1,95 metros.

El puente posee dos bastiones y cuatro pilas los cuales fueron colados en sitio. Las fuerzas de sismo en dirección longitudinal son soportadas por los bastiones y las pilas. Los bastiones son tipo cajón con muros de corte. Las columnas de las pilas tienen una dimensión de 3,20 metros de peralte y 1,00 metro de ancho, poseen alturas variables para poder otorgar la inclinación vertical necesaria, además en la parte superior de las pilas se encuentra una viga cabezal. Las vigas longitudinales se apoyan sobre las pilas mediante almohadillas, como se muestra en la figura No. 2.

Figura No. 2 Apoyo de vigas sobre pilas.



En cuanto a las fundaciones de las pilas se suponen que son placas superficiales rectangulares y se encuentran unidas de manera integral con las columnas de las pilas y de los bastiones. Cabe resaltar que no existe un estudio de suelos del sitio, por lo cual no se conoce la capacidad soportante del suelo.

3. DOCUMENTACIÓN SOBRE LA ESTRUCTURA

Para la realización de este informe no se contó con los planos de proyecto ni constructivos del Paso Superior Río Jesús María, por lo cual se hizo uso de documentación adicional brindada por la Constructora San José – Caldera, como son planos constructivos de puentes con luces similares, una evaluación llevada a cabo por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), además se hizo uso de la documentación fotográfica llevada a cabo durante la inspección visual al sitio.

4. CONDICIÓN ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

A continuación se presenta información más detallada acerca del estado actual del Paso Superior Río Jesús María según la inspección visual realizada al sitio. Se comentará sobre el estado de los accesos, así como los elementos de la superestructura y la subestructura.

4.1 Estructuras de acceso

Las estructuras de acceso se encuentran en buenas condiciones, no se perciben asentamientos en los rellenos de acceso, además la junta está en buen estado. Sin embargo, se considera importante el mantenimiento de la carpeta asfáltica de esta zona, ya que existe cierto deterioro, como se puede observar en la figura No. 3, el cual si no se le da un mantenimiento adecuado podría producir daños en la junta.

Figura No. 3 Acceso al puente.



4.2 Superestructura

La superestructura del puente está constituida por las vigas longitudinales, los diafragmas, la losa de rodamiento, las barandas perimetrales y las juntas.

Las vigas longitudinales o principales se encuentran en muy buen estado, ya que no presentan fisuramiento alguno provocado por fuerzas cortantes ni por flexión. Los neoprenos tampoco muestran señales de falla por aplastamiento. Sin embargo, las placas de unión de acero y los pernos presentan niveles de corrosión altos al punto de que se observa pérdida de material, como se muestra en la figura No. 4, es por esto que se recomienda la sustitución de estas placas o brindarles un mantenimiento efectivo el cual prevenga que el deterioro continúe.

Figura No. 4 Placas de unión de acero.



Los diafragmas, tanto los centrales como los ubicados sobre las pilas, no presentan ningún tipo de deterioro y se encuentran libres de fisuras y agrietamientos, como se puede apreciar en la figura No. 5.

Figura No. 5 Diafragma sobre pila.



La losa de rodamiento está constituida por losetas prefabricadas y un complemento estructural colado en sitio. En cuanto a las losetas, éstas se encuentran en buen estado y no presentan fisuras o agrietamientos, como se observa en la figura No. 6.

Figura No. 6 Losetas prefabricadas.



Mientras tanto, en la parte superior si se observa un deterioro importante de la losa, ya que presenta zonas con retracción tipo piel de lagarto, además hay pérdida de concreto de la losa y el acero empieza a quedar expuesto, como se aprecia en la figura No. 7.

Figura No. 7 Deterioro de la losa de rodamiento.



Las barandas perimetrales requieren de una intervención importante, ya que existen zonas en las cuales la baranda no existe, lo cual representa un peligro para conductores y peatones. En las zonas afectadas por accidentes las aceras también se encuentran considerablemente dañadas. A continuación, en la figura No. 8, se aprecia mejor la situación descrita.

Figura No. 8 Estado de la baranda perimetral.



Por último, en las juntas se puede apreciar un deterioro que ha empezado a causar pequeñas grietas alrededor de éstas. Se requiere de la sustitución de las juntas sobre los bastiones ya que en gran parte han perdido el material elástico, por lo cual el agrietamiento del material tenderá a aumentar si no se realiza la intervención. En la siguiente figura se puede observar dicha situación.

Figura No. 9 Juntas transversales.



4.3 Subestructura

La subestructura del puente está conformada por cuatro pilas y dos bastiones, todos ellos de concreto estructural y colados en sitio.

Estructuralmente las pilas se encuentran en buen estado, no presentan fisuras ni agrietamiento alguno, lo cual es de esperarse ya que trabajan en el rango elástico y cuentan con vigas cabezal de dimensiones adecuadas, además por medio del estudio realizado por el LANAMME se determinó que la resistencia promedio de estos elementos es de 310 kg/cm².

Existe un problema constructivo en los apoyos donde se puede apreciar algunos pernos doblados por acciones sísmicas, se debe realizar una intervención y sustituir los pernos que han fallado. En la figura No. 10 se observa dicho problema.

Figura No. 10 Problema en apoyos por los pernos.



Finalmente para las pilas, se debe realizar una limpieza del material entre el bastión y la primera pila del lado de Orotina, ya que dicho material provoca que la pila esté trabajando como muro, reteniendo el relleno que existe entre ésta y el bastión, resistiendo la pila fuerzas distintas a las esperadas en el diseño. Es por esto que se debe corregir de inmediato la situación para evitar un comportamiento inusual de la estructura.

En cuanto a los bastiones, éstos no muestran señal alguna de deterioro, por lo cual se encuentran en excelentes condiciones.

4.4 Fundaciones

La inspección, estudio y análisis de las fundaciones, tanto de los bastiones como de las pilas, queda por fuera de los alcances de este informe, sin embargo se considera prudente mencionar que no se observan asentamientos del suelo en las zonas donde se ubican los cimientos.

5. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Los elementos analizados en el modelo estructural fueron la losa, las vigas principales y las pilas, no se realizó un análisis detallado de los bastiones y las fundaciones debido a que no se cuenta con información suficiente para su modelaje. En cuanto a los demás elementos estructurales se hizo uso de planos constructivos de proyectos similares para definir sus dimensiones y refuerzo. Además se suponen las siguientes especificaciones para el diseño:

Carga de Diseño	HS20-44; para camiones de 32 toneladas de peso	
Materiales	Concreto Estructural	f'c = 350 kg/cm ²
	Acero de Refuerzo	Según ASTM A-615; Grado 40; fy = 2800 kg/cm ²
	Acero de pre-esfuerzo	Según ASTM A-416; Grado 270 sistema; torones 1/2"

El análisis se realizó de acuerdo a la norma "AASHTO LFD Especificaciones para el Diseño de Puentes". Sin embargo todo lo relacionado a aspectos climáticos y de sismo han sido adaptados a las condiciones que se presentan en Costa Rica.

En el análisis estructural se determina primero la demanda generada por cargas permanentes, temporales y de sismo, una vez obtenidos los resultados se comparan con la resistencia estimada de los diferentes elementos para así obtener el factor de seguridad para cada componente estructural. Se debe tomar en cuenta una mayorización a la carga demandada y una minorización de la resistencia nominal de los elementos. El elemento estructural se considera adecuado y seguro siempre y cuando la relación entre la resistencia nominal minorada y la demanda mayorada sea mayor a 1.0. En síntesis, se hace uso de las siguientes fórmulas, de acuerdo a la norma AASHTO mencionada anteriormente:

$$S_d = \sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i \qquad F.S. = \frac{S_d}{\phi R_n}$$

Donde:

S_d : *Solicitud Mayorada*

$F.S.$: *Factor de Seguridad*

η_i : *Modificador de Carga*

ϕ : *Factor de Reducción de la Resistencia*

γ_i : *Coefficiente de Mayorización*

ϕR_n : *Resistencia Minorada*

Q_i : *Efecto de las Acciones*

Al realizar el análisis para el componente estructural colado sobre las losetas estructurales se determina que el acero supuesto, varilla No. 5 a cada 12,50 centímetros, no cumple para la demanda esperada sobre la estructura, sin embargo al no conocer el aporte estructural brindado por las losetas no se puede determinar con exactitud la capacidad final, es por esto que se considera necesario una sustitución o el reforzamiento de la losa de rodamiento para brindar mayor seguridad a la estructura.

Para el análisis de las vigas principales se tomó en cuenta las distintas luces presentes en el puente, como se mencionó anteriormente las luces en los extremos son de 17,50 metros, mientras en el centro son de 28,50 metros. Para ambos tipos de viga se realizó el análisis suponiendo un refuerzo similar al presentado en estructuras con las mismas luces y el mismo tipo de vigas. Los resultados obtenidos indican que en la zona crítica por flexión de las vigas el factor de seguridad es superior a 1.00, por lo cual se consideran aptas para soportar las cargas impuestas sobre la estructura. En el caso del cortante, se concluye que pueden existir problemas, sin embargo el análisis no tomó en cuenta los cables de postensión, los cuales pueden aportar mayor seguridad para soportar dichas cargas.

En el caso de las pilas se revisó únicamente las columnas, ya que no existe información sobre las vigas de cabezal ni sobre las fundaciones. En el caso de las columnas se asume que la columna presenta un refuerzo mínimo según el indicado en las normas nacionales de diseño, lo cual es un acero de refuerzo del uno por ciento del área de la columna, lo que equivale a 60 varillas No. 8 alrededor de todo el perímetro de la misma.

De acuerdo al Código Sísmico de Costa Rica (CSCR) se supuso una aceleración efectiva del terreno de 0,33g, además se catalogó el suelo como tipo 3 y se determinó que la estructura se encuentra ubicada en la Zona III, estos datos fueron necesarios para el análisis sísmico del elemento. Se realizó el análisis tanto en el sentido longitudinal, como en el sentido transversal al puente, siendo el primero el sentido débil y el segundo el fuerte de las pilas.

En cuanto a la demanda por fuerza axial y flexión en las columnas se determina que tanto para el sentido débil como para el sentido fuerte las pilas tienen capacidad suficiente para soportar las cargas impuestas por el flujo vehicular, así como las cargas a las cuales se vería sometida en movimientos sísmicos. Mientras para cortante, asumiendo aros de varilla No. 4, también se obtuvo una resistencia suficiente para soportar las fuerzas cortantes en ambos sentidos. Manteniendo en claro que el análisis fue realizado bajo la suposición que la sección utiliza el acero mínimo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluidos los análisis pertinentes de la estructura del Paso Superior Río Jesús María a los que hace referencia este informe y tomando en cuenta la inspección realizada al sitio, se procede a brindar las siguientes conclusiones y recomendaciones finales.

- 1) La falta de información precisa sobre los elementos del puente no permiten dar resultados definitivos de la capacidad estructural del puente.
- 2) Se le debe dar mantenimiento a la carpeta asfáltica sobre los rellenos de acceso al puente, ya que ésta se encuentra deteriorada y si no se aplican medidas correctivas podría causar daños a la junta.
- 3) Las barandas y aceras deben ser reparadas ya que han sido afectadas por accidentes y falta de mantenimiento.

- 4) En cuanto a la losa de rodamiento del puente, ésta no parece tener la capacidad suficiente para soportar las cargas impuestas por el tráfico, sin embargo falta información para poder llegar a una conclusión definitiva. Se recomienda reforzar la losa para mejorar su capacidad estructural.
- 5) Las vigas principales tienen capacidad suficiente para soportar tanto las cargas permanentes como las cargas de sismo, por lo cual no se considera necesario su refuerzo para soportar las cargas impuestas.
- 6) En el caso de las pilas, a pesar de no tener información suficiente sobre su refuerzo, parecen tener capacidad suficiente para soportar las cargas permanentes, temporales y de sismo.
- 7) No se realizó un análisis sobre las fundaciones del puente por falta de información, sin embargo según la inspección visual no se evidencian asentamientos que pongan en peligro la integridad de la estructura.

PUENTE MATA DE LIMÓN

1. INTRODUCCIÓN

El informe que se presenta a continuación se realizó con el fin de presentar un análisis sobre el estado actual del Puente Intersección Mata de Limón, este análisis será fundamentado mediante un estudio de la capacidad estructural de los elementos principales del puente, el cual forma parte del Proyecto Ciudad Colón - Puerto Caldera.

Para realizar esta evaluación, en un inicio se realizó una inspección visual para determinar el estado actual de los elementos estructurales los cuales conforman la estructura; entiéndase por esto: muros, vigas, losas, uniones, barandas y juntas. En seguida, se dispuso de los planos del proyecto y de los planos constructivos para realizar un análisis estructural de los principales componentes del Puente Intersección Mata de Limón. Dicho análisis fue realizado tomando en cuenta las normativas que rigen en la actualidad.

Finalmente, en conformidad con los resultados obtenidos, se darán recomendaciones para la conservación y rehabilitación del puente de manera que no represente inconveniente alguno para el Proyecto Ciudad Colón – Puerto Caldera, así como especificaciones para el mantenimiento del mismo para asegurar su uso de manera eficiente y segura para el tráfico vehicular que se presenta en la zona.

2. CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA

El Puente Intersección Mata de Limón forma parte del Proyecto Ciudad Colón – Puerto Caldera y se encuentra ubicado en la estación 74+760 de dicho proyecto. El puente está constituido de dos bastiones y una pila central, por lo cual presenta dos vanos de 9,78 metros cada uno. Longitudinalmente se considera una estructura simplemente apoyada en los extremos, aún cuando el apoyo en la pila no permita desplazamiento. La estructura es continua en toda su extensión, por lo cual no presenta juntas transversales.

Figura No. 1 Puente Intersección Mata de Limón.



El puente posee un ancho de calzada de 23 metros, lo cual permite tránsito en dos carriles, adicionalmente permite la existencia de espaldones a los extremos y se dispone de barandas perimetrales tipo New Jersey.

Los bastiones del puente son tipo muro, los cuales son prefabricados, excepto sus vértices, ya que éstos fueron colados en sitio. Los bastiones cumplen la función de muro de retención, además de soportar las fuerzas de sismo en el sentido longitudinal.

La pila central también es una sección prefabricada la cual se extiende a todo lo ancho del puente en secciones de 2 metros de ancho y espesor de 30 centímetros. Su altura es de aproximadamente 6 metros y se une a la superestructura por medio de una viga colada en sitio de 30x50 centímetros.

La estructura del puente se completa con una serie de vigas-losas prefabricadas, sobre las cuales se coloca en el sitio una losa de concreto no estructural, con la cual se obtiene un espesor de piso de entre 55 y 65 centímetros. El sistema prefabricado de vigas-losas tiene dimensiones de 100 centímetros a lo largo y 50 centímetros a lo alto; y se unen entre sí mediante complementos estructurales colados en sitio. Cada sección viga-losa es hueca, conteniendo dos agujeros circulares de 28 centímetros de diámetro.

La cimentación de la pila del Puente Intersección Mata de Limón cuenta con una placa rectangular de 25x2 metros, la cual está unida de manera integral a la pila central. Se considera prudente mencionar que no existen estudios de suelos del sitio, sin embargo para el diseño de las placas de fundación se utilizó una capacidad soportante del suelo de 2 kg/cm².

3. DOCUMENTACIÓN SOBRE LA ESTRUCTURA

Es necesario aclarar que no se contó con los planos correspondientes a la estructura del Puente Intercambiador Orotina, sin embargo su estructura se asemeja con el Puente Intercambio Coyolar, por lo cual se utilizaron los planos de éste último como referencia. Además se hizo uso de la documentación fotográfica llevada a cabo durante la inspección visual al sitio.

4. CONDICIÓN ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

A continuación se presenta información más detallada sobre el estado actual del Puente Intersección Mata de Limón, según la inspección visual realizada al sitio. Se comentará sobre la superestructura y la subestructura del puente, sin embargo queda por fuera de los alcances de este informe la evaluación de las fundaciones de la estructura.

4.1 Superestructura

La superestructura del Puente está constituida por las vigas principales, la losa de rodamiento y las barandas perimetrales.

Mediante la inspección realizada al sitio se observa que las vigas-losas del puente se encuentran en buen estado, sin embargo en la parte central de los vanos se notan ciertas fisuras las cuales se deben a que en esta zona se presentan los mayores esfuerzos por flexión.

Sobre el sistema de vigas-losas pretensadas y postensadas y la losa de concreto no estructural se colocó un relleno con un espesor aproximado de 1,00 metro sobre el cual se apoya la superficie de rodamiento del Puente Intersección Mata de Limón.

Las barandas perimetrales son dobles de concreto, las inferiores cumplen función de muro de retención para el relleno sobre el puente. Mientras que las superiores cumplen función de guarda caminos.

Figura No. 2 Barandas guarda caminos.



4.2 Subestructura

La subestructura del Puente está constituida por los bastiones y la pila central, los cuales son elementos prefabricados, excepto los bastiones en las conexiones en las esquinas las cuales fueron coladas en el sitio.

En los bastiones de la estructura se pueden observar ciertas fisuras, las cuales son provocadas por leves asentamientos, particularmente en el lado de Mata de Limón se evidencian fisuras diagonales en el segundo y tercer muro. En las pilas no se aprecian fisuras o grietas algunas en su estructura.

Figura No. 3 Pila Central.



5. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Los elementos analizados para determinar su capacidad estructural son las vigas principales, la pila y su cimentación y los bastiones, ya que se busca verificar la seguridad que presenta la estructura para su uso. Sin embargo, al no contar con los planos específicos del puente se tuvo que hacer uso de planos de estructuras similares para los detalles de los elementos estructurales mencionados con anterioridad. De tal manera, se determinaron las resistencias nominales de dichos elementos. Las especificaciones utilizadas en el diseño original son las siguientes:

Carga de Diseño	HS20-44; para camiones de 32 toneladas de peso		
Materiales	Concreto Estructural	Placa muro de retención y pila prefabricada	$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
		Loseta	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
		Elementos colados en sitio	$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
	Acero de Refuerzo	Según ASTM A-615; Grado 60; $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	
	Acero de pre-esfuerzo	Según ASTM A-416; Grado 270 sistema CONA múltiple; torones $\frac{1}{2}$ "	

El análisis se realizó de acuerdo a la norma "AASHTO LFD Especificaciones para el Diseño de Puentes". Sin embargo todo lo relacionado a aspectos climáticos y de sismo han sido adaptados a las condiciones que se presentan en Costa Rica.

Para el cálculo de los factores de seguridad se realizó una mayorización de la carga demandada y una minorización de la resistencia nominal de los elementos estructurales analizados. Un elemento estructural se considera adecuado y seguro siempre y cuando la relación entre la resistencia nominal minorada y la demanda mayorada sea mayor a 1.0. En síntesis, se hace uso de las siguientes fórmulas, de acuerdo a la norma AASHTO mencionada anteriormente:

$$S_d = \sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i \qquad F.S. = \frac{S_d}{\phi R_n}$$

Donde:

S_d : *Solicitud Mayorada*

$F.S.$: *Factor de Seguridad*

η_i : *Modificador de Carga*

ϕ : *Factor de Reducción de la Resistencia*

γ_i : *Coficiente de Mayorización*

ϕR_n : *Resistencia Minorada*

Q_i : *Efecto de las Acciones*

En el caso de las vigas principales se realizaron estudios para determinar su capacidad en flexión y en cortante. En el primer caso, en su punto crítico su factor de seguridad es superior a 1.0. En el caso de cortante, al revisar su factor de seguridad en el punto crítico se determina que éste es mayor a 1,0. Es por esto, que no se considera necesario el reforzamiento de estos elementos ya que según las cargas esperadas estas secciones tienen la capacidad suficiente para considerarlas estructuralmente seguras.

Para los muros de corte se realizaron estudios de flexión y cortante en su sección crítica, los resultados de dichos estudios resultaron positivos, concluyendo que estos elementos también mantienen un estado adecuado y seguro. Adicionalmente, se realizó un estudio sobre la seguridad en cuanto a la transmisión de presiones de la estructura al suelo, en el cual se comprobó un factor de seguridad superior a 1,0, ya sea con sismo o sin sismo.

En el caso de los bastiones, no se realizaron estudios sobre los factores de seguridad ante el deslizamiento y el vuelco de los cimientos, ya que debido al tipo de estructura éstos no se van a presentar.

En cuanto a la pila central se revisó por flexión y cortante únicamente con fuerzas de sismo en el sentido transversal al puente, ya que las vigas son libres de girar sobre la pila sin desplazarse en dirección longitudinal ni transversal. Una vez determinados los factores de seguridad se comprueba que la pila tiene capacidad suficiente para soportar esfuerzos de flexión y cortante causadas por fuerzas de sismo.

Por último para la fundación de la pila se consideró la demanda con sismo y sin sismo, además se estudiaron los efectos producidos por las cargas vehiculares según dos condiciones; la primera con carga vehicular presente en ambos carriles, la cual provoca la carga axial máxima y la segunda con carga vehicular presente solamente en un carril, lo cual provoca el momento transversal máximo en la cimentación.

La condición de seguridad la fundación se revisa por dos parámetros: demanda máxima sobre el suelo y estabilidad de la placa a partir de la excentricidad. Al realizarse los respectivos estudios se determinaron factores de seguridad mayores a 1,0 para ambas condiciones de sismo y sin sismo en cuanto a la demanda sobre el suelo, mientras que igualmente para la estabilidad de la placa se determinó que cumple las condiciones mencionadas anteriormente por lo cual se considera la fundación adecuada y segura, siempre y cuando la capacidad soportante del suelo sea superior a 2 kg/cm².

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluidos los análisis pertinentes de la estructura del Puente Intersección Mata de Limón a los que hace referencia este informe, se procede a brindar las siguientes conclusiones y recomendaciones finales.

- 1) Se le debe dar un mantenimiento adecuado a los dispositivos generales del puente, como lo son las barandas y los tragantes, ya que se encuentran un poco deteriorados por la falta de mantenimiento.
- 2) Los bastiones se consideran adecuados y seguros para soportar las cargas impuestas por la estructura del puente así como los rellenos en los accesos.
- 3) La pila posee una capacidad estructural suficiente para soportar las cargas permanentes y de sismo que se puedan presentar en la zona.
- 4) La fundación de la pila se considera apta ante las distintas demandas de cargas vehiculares y de sismo sobre la estructura, siempre y cuando la capacidad soportante del suelo no sea inferior a 2 kg/cm².
- 5) No se considera necesario el reforzamiento de las vigas principales, ya que poseen capacidad suficiente para soportar la demanda de las cargas impuestas sobre el puente.



PUENTE DE OROTINA

1. INTRODUCCIÓN

El informe que se presenta a continuación se realizó con el fin de presentar un análisis para la rehabilitación del Puente Intercambiador Orotina, este análisis será fundamentado mediante un estudio de la capacidad estructural de los elementos principales del puente, el cual forma parte del Proyecto Ciudad Colón - Puerto Caldera. El puente analizado se localiza en la Sección Orotina - Coyolar de dicho Proyecto.

Para realizar esta evaluación, en un inicio se realizaron una serie de inspecciones visuales para determinar el estado actual de los elementos estructurales los cuales conforman la estructura; entiéndase por esto: muros, vigas, losas, uniones, barandas y juntas. En seguida, se dispuso de los planos del proyecto y de los planos constructivos para realizar un análisis estructural de los principales componentes del Puente Intercambiador Orotina. Dicho análisis fue realizado tomando en cuenta las normativas que rigen en la actualidad.

Finalmente, en conformidad con los resultados obtenidos, se darán recomendaciones para la rehabilitación del puente de manera que no represente inconveniente alguno para el Proyecto Ciudad Colón – Puerto Caldera, así como especificaciones para el mantenimiento del mismo para asegurar su uso de manera eficiente y segura para el tráfico vehicular que se presenta en la zona.

2. CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA

El Puente Intercambiador Orotina forma parte del Proyecto Ciudad Colón – Puerto Caldera y se encuentra en la sección Orotina – Coyolar de dicho proyecto. El puente está constituido únicamente de dos bastiones distanciados entre sí 10,60 metros. La estructura es totalmente continua en dicha extensión, por lo cual no presenta juntas transversales. De tal forma, longitudinalmente se considera una estructura simplemente apoyada en los extremos, los cuales en este caso están representados por los bastiones.

El puente tiene un ancho suficiente para permitir el tránsito en cuatro carriles, proporcionando también el ancho requerido para el uso de espaldones en los extremos y un espaldón central. Además se dispone de barandas perimetrales tipo New Jersey.

Actualmente la estructura básica del Puente Intercambiador Orotina se encuentra construida, sin embargo, existen ciertas limitaciones para poder hacer uso de la misma. Entre las limitaciones existentes se encuentra el relleno de acceso en uno de sus bastiones, el cual es necesario completar para permitir el acceso de los vehículos a la estructura. Es necesario también completar la capa de rodamiento de la estructura, así como colocar un tensor faltante en uno de los bastiones.

Los bastiones del puente son tipo muro, los cuales son prefabricados, excepto sus vértices, ya que éstos fueron colados en sitio. Los bastiones cumplen la función de muro de retención, además de soportar las fuerzas de sismo en el sentido longitudinal.

La estructura del puente se completa con una serie de vigas-losas prefabricadas, sobre las cuales se coloca en el sitio una losa de concreto no estructural, con la cual se obtiene un espesor de piso de entre

55 y 65 centímetros. El sistema prefabricado de vigas-losas tiene dimensiones de 100 centímetros a lo largo y 50 centímetros a lo alto; y se unen entre sí mediante complementos estructurales colados en sitio. Cada sección viga-losa es hueca, conteniendo dos agujeros circulares de 28 centímetros de diámetro.

Se considera prudente indicar que no existen estudios sobre la capacidad del suelo en el sitio, por lo tanto, para el diseño de las fundaciones del puente se asumió una capacidad soportante del suelo de 2 kg/cm².

3. DOCUMENTACIÓN SOBRE LA ESTRUCTURA

Es necesario aclarar que no se contó con los planos correspondientes a la estructura del Puente Intercambiador Orotina, por lo cual se tomaron referencias de planos de puentes similares a éste, como lo son las estructuras de Paso Superior Coyolar y Paso Superior Calle Loros, de 1983 y 1984 respectivamente.

Estos planos fueron necesarios para el análisis estructural de los componentes estructurales principales del puente, asumiendo secciones típicas para este tipo de proyectos.

4. CONDICIÓN ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

A continuación se dará información más detallada sobre el estado actual del Puente Intercambiador Orotina, según la inspección visual realizada al sitio. Se comentará sobre la superestructura y la subestructura del puente, así como los accesos a la estructura, sin embargo queda por fuera de los alcances de este informe la evaluación de las fundaciones de la estructura.

4.1 Estructuras de acceso

La estructura de acceso a la estructura está conformada por los rellenos que permiten alcanzar el nivel de la capa de rodamiento de la estructura y los aletones que evitan los deslizamientos del material de relleno.

En este caso, en un extremo del puente falta material de relleno para alcanzar el nivel de la losa de rodamiento del puente, lo cual representa la principal limitación para hacer uso de la estructura, como se muestra en la figura No. 1.

Figura No. 1 Rellenos de acceso a la estructura.



Durante la visita al sitio se determinó la necesidad de construir estructuras adicionales de retención ya que los aletones son muy cortos y a la vez las pendientes de los rellenos son bastante pronunciadas, manteniendo así cierto riesgo de deslizamientos, como se aprecia en la figura No. 2.

Figura No. 2 Rellenos y aletones en el acceso al puente.



4.2 Superestructura

La superestructura del Puente está constituida por las vigas principales, la losa de rodamiento y las barandas perimetrales.

Las vigas principales se localizan a todo lo largo del claro del puente. Éstas no presentan daño alguno ya que el puente no ha sido utilizado, por lo cual no presenta carga en su parte superior, sin embargo se notan las secciones prefabricadas expuestas en la parte superior debido a la ausencia de una capa de rodamiento adecuada. En la figura No. 3 se observa mejor la exposición del sistema prefabricado del piso de la estructura.

Figura No. 3 Exposición del sistema vigas-losas prefabricadas.



La losa de rodamiento está construida con un sistema vigas-losas pretensadas y postensadas, las cuales se complementan con una losa colada en sitio, esta última no posee función estructural alguna sobre la losa de rodamiento. Mediante la inspección al sitio no se notan fisuras o grietas causadas por flexión de las vigas-losas del piso de la estructura.

Las barandas perimetrales son tipo New Jersey, las cuales son elementos prefabricados de concreto. Estos elementos se encuentran en buen estado, a pesar de la falta de mantenimiento, en muchos casos se deben cortar las gasas de izaje, como se muestra en la figura No. 4.

Figura No. 4 Barandas tipo New Jersey.



4.3 Subestructura

La subestructura del Puente está constituida únicamente por los bastiones y sus fundaciones, los cuales son elementos prefabricados, excepto las conexiones en las esquinas las cuales fueron coladas en el sitio. Estos elementos si presentan fisuras de retracción provocadas por el flujo de agua, especialmente en las secciones del muro que fueron coladas en sitio. En la figura No. 5 se puede apreciar en mejor detalle las fisuras presentes.

Figura No. 5 Fisuras en las esquinas de los bastiones.



Cabe destacar que no existen evidencias visuales de la existencia de asentamientos diferenciales de los bastiones del puente.

En términos generales el puente se encuentra en buen estado, sin embargo requiere de sistemas de drenaje para evitar una presión de agua excesiva sobre las estructuras de retención como se mencionó con anterioridad.

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Los elementos analizados para determinar su capacidad estructural son las vigas principales, los bastiones y las cimentaciones de la estructura, ya que se busca verificar la seguridad que presenta la estructura para su uso. Sin embargo, al no contar con los planos específicos del puente se tuvo que hacer uso de planos de estructuras similares para los detalles de los elementos estructurales mencionados con anterioridad. De tal manera, se determinaron las resistencias nominales de dichos elementos. Las especificaciones utilizadas en el diseño original son las siguientes:

Carga de Diseño	HS20-44; para camiones de 32 toneladas de peso		
Materiales	Concreto Estructural	Placa muro de retención	f'c = 280 kg/cm ²
		Loseta	f'c = 350 kg/cm ²
		Elementos colados en sitio	f'c = 280 kg/cm ²
	Acero de Refuerzo	Según ASTM A-615; Grado 60; fy = 4200 kg/cm ²	
	Acero de pre-esfuerzo	Según ASTM A-416; Grado 270 sistema CONA múltiple; torones ½"	

El análisis se realizó de acuerdo a la norma "AASHTO LFD Especificaciones para el Diseño de Puentes". Sin embargo todo lo relacionado a aspectos climáticos y de sismo han sido adaptados a las condiciones que se presentan en Costa Rica.

Para el cálculo de los factores de seguridad se realizó una mayorización de la carga demandada y una minorización de la resistencia nominal de los elementos estructurales analizados. Un elemento estructural se considera adecuado y seguro siempre y cuando la relación entre la resistencia nominal minorada y la demanda mayorada sea mayor a 1.0. En síntesis, se hace uso de las siguientes fórmulas, de acuerdo a la norma AASHTO mencionada anteriormente:

$$S_d = \sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i \qquad F.S. = \frac{S_d}{\phi R_n}$$

Donde:

S_d: *Solicitud Mayorada*

F.S.: *Factor de Seguridad*

η_i: *Modificador de Carga*

φ: *Factor de Reducción de la Resistencia*

γ_i: *Coficiente de Mayorización*

φR_n: *Resistencia Minorada*

Q_i: *Efecto de las Acciones*

En el caso de las vigas principales se realizaron estudios para determinar su capacidad en flexión y en cortante. En el primer caso, en el punto crítico encontrado en el centro de la viga se obtuvo un factor de seguridad mayor a 1.0. En el caso de cortante, el punto crítico se presenta en uno de sus extremos, del análisis estructural se obtuvo un factor de seguridad adecuado considerando la contribución de los cables de postensión. Es por esto, que las vigas principales se consideran adecuadas y seguras para soportar las cargas impuestas sobre la estructura.

En el caso de los bastiones, no se realizaron estudios sobre los factores de seguridad ante el deslizamiento y el vuelco de los cimientos, ya que debido al tipo de estructura éstos no se presentan.

Para los muros de corte se realizaron estudios de flexión y cortante en su sección crítica, los resultados de dichos estudios resultaron positivos, concluyendo que estos elementos también mantienen un estado adecuado y seguro. Sin embargo, se deben hacer los arreglos necesarios sobre los daños que fueron señalados con anterioridad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluidos los análisis pertinentes de la estructura del Puente Intercambiador Orotina a los que hace referencia este informe, se procede a brindar las siguientes conclusiones y recomendaciones finales.

- 1) Para el eventual uso de la estructura se deben completar de manera segura y adecuada los rellenos de acceso al puente, además, colocar una capa de rodamiento apropiada para no exponer el sistema de vigas-losas del piso del puente.
- 2) Se debe realizar una limpieza y demás labores de mantenimiento a la losa de rodamiento, así como a las barandas perimetrales.
- 3) Se debe mejorar el sistema de drenaje del puente para evitar el flujo de agua contra elementos que se puedan ver deteriorados por este factor.
- 4) Los elementos de la superestructura y la subestructura del puente se consideran satisfactorios y adecuados para el soporte de la carga causada por el flujo vehicular, así como por sismo.

PUENTE DE SALINAS

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se presentan los resultados obtenidos de las condiciones estructurales actuales del Paso Superior Salinas, siendo éste parte del proyecto de la Carretera San José – Caldera.

Para dicha evaluación se realizó en un principio una inspección visual del puente y de sus componentes estructurales, los cuales son: muros, vigas, uniones, losas, barandas y juntas. Seguidamente se realizó un análisis estructural para determinar la demanda y la capacidad de los principales elementos estructurales. Dicho análisis tomó en cuenta la normativa vigente y se realizó de acuerdo a los planos de proyecto y construcción.

De acuerdo con la evaluación realizada se presentan las recomendaciones finales para el mantenimiento y la rehabilitación del Paso Superior Salinas con el fin de integrar la estructura en el proyecto Carretera San José – Caldera de manera que sea estructuralmente seguro y capaz de soportar las cargas vehiculares que se presentan en la zona y a la vez no represente un inconveniente para la autopista.

2. CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA

El Paso Superior Salinas forma parte del proyecto Carretera San José – Caldera y se ubica en la estación 72+700 de dicha autopista. Su estructura es enteramente de concreto estructural, siendo parte de sus elementos prefabricados y otros colados en sitio. Longitudinalmente el puente posee dos vanos de 14,20 metros cada uno. Transversalmente el puente posee un ancho de calzada de 10,80 metros y está dividido en dos carriles y espaldones a cada extremo de la vía, también existen barandas perimetrales tipo New Jersey a ambos lados, como se puede apreciar en la figura No. 1.

Figura No. 1 Paso Superior Salinas.



La estructura del puente se considera simplemente apoyada en la dirección longitudinal, aún cuando la pila central no permita desplazamientos, con columnas en voladizo en la dirección transversal, además cuenta con un sesgo aproximado de 20°.

La estructura del puente posee una serie de vigas-losas prefabricadas, sobre las cuales se coloca en el sitio una losa de concreto no estructural, con la cual se obtiene un espesor de piso de entre 55 y 65 centímetros. El sistema prefabricado de vigas-losas tiene dimensiones de 100 centímetros a lo largo y 50 centímetros a lo alto; y se unen entre sí mediante complementos estructurales colados en sitio. Cada sección viga-losa es hueca, conteniendo dos agujeros circulares de 28 centímetros de diámetro.

Los bastiones del puente son tipo muro, los cuales son prefabricados, excepto sus vértices, ya que éstos fueron colados en sitio. Los bastiones cumplen la función de muro de retención, además de soportar las fuerzas de sismo en el sentido longitudinal.

La pila central también es una sección prefabricada la cual se extiende a todo lo ancho del puente y cuenta con un espesor de 30 centímetros. Su altura es de 6 metros y se une a la superestructura por medio de una viga colada en sitio de 30x50 centímetros.

La cimentación de la pila es una placa rectangular de 13x2 metros, las cuales están unidas de manera integral a los bastiones y la pila central. Se considera prudente mencionar que no existen estudios de suelos del sitio, sin embargo para el diseño de las placas de fundación se utilizó una capacidad soportante del suelo de 2 kg/cm².

3. DOCUMENTACIÓN SOBRE LA ESTRUCTURA

Para la realización de este informe no se contó con los planos de proyecto ni constructivos del Paso Superior Salinas, por lo cual se hizo uso de planos constructivos de puentes similares, como lo es el Paso Superior Coyolar, además se hizo uso de la documentación fotográfica llevada a cabo durante la inspección visual al sitio.

4. CONDICIÓN ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

A continuación se presenta información más detallada acerca del estado actual del Paso Superior Salinas según la inspección visual realizada al sitio. Se comentará sobre los elementos de la superestructura y la subestructura.

4.1 Superestructura

La superestructura del Puente está constituida por las vigas principales, la losa de rodamiento y las barandas perimetrales.

El sistema vigas-losas del puente se encuentra en buen estado, sin embargo, se aprecian ciertas fisuras en las zonas donde se presentan los mayores esfuerzos por flexión de este sistema.

En la parte inferior de las vigas-losas se observa el golpe de vehículos, lo cual ha causado fisuras en tres vigas. Además se aprecia una mayor deflexión de las vigas en los extremos con relación a las centrales. Al no contar con una losa de complemento estructural cada viga trabaja independientemente, por lo cual existen deformaciones y gradas entre cada losa, como se muestra en la siguiente figura.

Figura No. 2 Estado del sistema vigas-losas del Puente.



Las barandas se encuentran en buen estado, se observa un desalineamiento de ciertas secciones, sin embargo este defecto está presente desde su montaje.

4.2 Subestructura

La subestructura del Puente está constituida por los bastiones y la pila central, los cuales son elementos prefabricados, excepto los bastiones en las esquinas los cuales fueron colados en el sitio.

Con respecto a los bastiones, se observan deflexiones, al igual que un leve giro de los aletones con respecto al bastión, sin embargo estos daños se consideran secundarios ya que no ponen en riesgo la integridad de la estructura. En cuanto a la pila, esta no presenta daño alguno y su condición actual se considera favorable. A continuación se muestra el estado de uno de los bastiones.

Figura No. 3 Estado actual del bastión.



4.3 Fundaciones

La inspección, estudio y análisis de las fundaciones, tanto de los bastiones como de la pila, queda por fuera de los alcances de este informe, sin embargo se considera prudente mencionar que no se observan asentamientos del suelo en las zonas donde se ubican los cimientos, tanto de los bastiones como de la pila.

5. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Los elementos analizados en el modelo estructural fueron las vigas principales, los bastiones y la pila central, tanto su columna como su fundación. En cuanto a estos elementos estructurales se hizo uso de planos constructivos de proyectos similares para definir sus dimensiones y refuerzo. Además se suponen las siguientes especificaciones para el diseño:

Carga de Diseño	HS20-44; para camiones de 32 toneladas de peso	
Materiales	Concreto Estructural	Placa muro de retención y pila prefabricada $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
		Loseta $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
		Elementos colados en sitio $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
	Acero de Refuerzo	Según ASTM A-615; Grado 60; $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
	Acero de pre-esfuerzo	Según ASTM A-416; Grado 270 sistema CONA múltiple; torones ½"

El análisis se realizó de acuerdo a la norma "AASHTO LFD Especificaciones para el Diseño de Puentes". Sin embargo todo lo relacionado a aspectos climáticos y de sismo han sido adaptados a las condiciones que se presentan en Costa Rica.

En el análisis estructural se determina primero la demanda generada por cargas permanentes, temporales y de sismo, una vez obtenidos los resultados se comparan con la resistencia estimada de los diferentes elementos para así obtener el factor de seguridad para cada componente estructural. Se debe tomar en cuenta una mayorización a la carga demandada y una minorización de la resistencia nominal de los elementos. El elemento estructural se considera adecuado y seguro siempre y cuando la relación entre la resistencia nominal minorada y la demanda mayorada sea mayor a 1.0. En síntesis, se hace uso de las siguientes fórmulas, de acuerdo a la norma AASHTO mencionada anteriormente:

$$S_d = \sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i \qquad F.S. = \frac{S_d}{\phi R_n}$$

Donde:

S_d : *Solicitud Mayorada*

$F.S.$: *Factor de Seguridad*

η_i : *Modificador de Carga*

ϕ : *Factor de Reducción de la Resistencia*

γ_i : *Coficiente de Mayorización*

ϕR_n : *Resistencia Minorada*

Q_i : *Efecto de las Acciones*

En el caso de las vigas principales se determinó su capacidad en flexión y en cortante. En el primer caso, se obtuvo un factor de seguridad superior a 1,0 en su punto crítico, el cual se encuentra en el centro de la viga. En el caso de cortante, el punto crítico se encuentra en uno de sus extremos, en el análisis estructural se obtuvo un factor de seguridad adecuado, por lo cual se considera que las vigas principales son adecuadas y seguras para soportar las cargas impuestas sobre la estructura.

Para los muros de corte se realizaron estudios de flexión y cortante en su sección crítica, los resultados del análisis demuestran que estos elementos también mantienen un estado adecuado y seguro en cuanto a flexión y cortante se refiere. Finalmente, se realizó un estudio sobre la seguridad en cuanto a la transmisión de presiones de la estructura al suelo, en el cual se comprobó un factor de seguridad superior a 1,0, ya sea con sismo o sin sismo.

En el caso de los bastiones, no se realizaron estudios sobre los factores de seguridad ante el deslizamiento y el vuelco de los cimientos, ya que debido al tipo de estructura éstos no se van a presentar.

En cuanto a la pila central se revisó por flexión y cortante únicamente con fuerzas de sismo en el sentido transversal al puente, ya que las vigas son libres de girar sobre la pila sin desplazarse en dirección longitudinal ni transversal. Una vez determinados los factores de seguridad se comprueba que la pila tiene capacidad suficiente para soportar esfuerzos de flexión y cortante causadas por fuerzas de sismo.

Por último para la fundación de la pila se consideró la demanda con sismo y sin sismo, además se estudiaron los efectos producidos por las cargas vehiculares según dos condiciones; la primera buscando la carga axial máxima, la cual se presenta cuando existe carga vehicular en ambos carriles y la segunda para encontrar el momento transversal máximo, el cual se da con carga vehicular presente solamente en un carril.

La condición de seguridad la fundación se revisa por dos parámetros: demanda máxima sobre el suelo y estabilidad de la placa a partir de la excentricidad. Al realizarse los respectivos estudios se determinaron factores de seguridad mayores a 1,0 para ambas condiciones de sismo y sin sismo en cuanto a la demanda sobre el suelo, igualmente para la estabilidad de la placa se determinó que cumple las condiciones mencionadas anteriormente por lo cual se considera la fundación adecuada y segura, siempre y cuando la capacidad soportante del suelo no sea inferior a 2 kg/cm².

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluidos los análisis pertinentes de la estructura del Paso Superior Salinas, la inspección visual y el análisis estructural, se procede a brindar las siguientes conclusiones y recomendaciones finales.

- 1) El puente se encuentra en un estado de conservación adecuado, sin embargo requiere de mantenimiento en las barandas y los tragantes, ya que éstos se encuentran deteriorados por la falta de mantenimiento.
- 2) Se debe realizar una sustitución de la losa sobre el relleno de los accesos al puente, ya que ésta se encuentra deteriorada.
- 3) Los bastiones se consideran adecuados y seguros para soportar las cargas impuestas por la estructura del puente, así como por las cargas vehiculares y de sismo.
- 4) La pila posee una capacidad estructural suficiente para soportar las cargas permanentes, vehiculares y de sismo que se puedan presentar en la zona.
- 5) La fundación de la pila se considera apta ante las distintas demandas de cargas vehiculares y de sismo sobre la estructura, siempre y cuando la capacidad soportante del suelo no sea inferior a 2 kg/cm².
- 6) No se considera necesario el reforzamiento de las vigas principales, a pesar de los golpes que se aprecian, ya que éstas poseen capacidad estructural suficiente para soportar la demanda de las cargas que se aplican sobre la estructura.