Revista de Arquitectura e Ingeniería
E-ISSN: 1990-8830
melena-torrensp@empai.co.cu
Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas
Cuba

Gamez Rodes, Rolando; González Arestuche, Luis R.; Pérez Díaz, Maikel
Propuesta de rehabilitación y cambio de uso del Puente colgante sobre el río San Agustín.
Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 7, núm. 1, abril, 2013, pp. 1-11
Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas
Matanzas, Cuba

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193927502004

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Propuesta de rehabilitación y cambio de uso del Puente colgante sobre el río San Agustín.

Proposal for rehabilitation and change of use of the suspension bridge over the San Agustín.

Ing. Rolando Gamez Rodes
Ingeniero Civil
Profesor Instructor de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Matanzas. Cuba
E-mail: rolando.gamez@umcc.cu

Dr. Ing. Luis R. González Arestuche
Jefe Grupo de Negocios y Mercadotecnia de la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPAI). Matanzas. Cuba
Profesor Titular Ingeniería Civil. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Matanzas. Cuba
Teléfono: 29-1802 / 29-1824 ext. 204
E-mail**: Luis-Gonzalez@empai.co.cu**

Ing. Maikel Pérez Díaz
Ingeniero Civil
Empresa Constructora Militar No.4. Matanzas. Cuba

Recibido: 12-12-12
Aceptado: 24-01-13

RESUMEN:

El puente colgante sobre el río San Agustín, se encuentra en un estado de deterioro que impide su posible utilización sin una intervención adecuada. En la estructura predomina la corrosión ya que es en su totalidad metálica, algunos de los elementos de la sección transversal del tablero se encuentran

desprendidos y otros no existen. Se propone realizar la rehabilitación de este puente ya que este es el único de su tipo en Cuba. Inaugurado en mayo de 1872 como una obra inducida del acueducto de Bello para abastecer a la ciudad de Matanzas, cuenta con más de 140 años manteniendo más del 90 % de sus elementos componentes originales. De acuerdo a su tipología constructiva es un puente colgante de acero con tensores curvos, utilizado para conducir fluidos. Como parte del análisis estructural se pretende definir si se podría reemplazarse la conductora de 15" de diámetro por un tablero ligero de rejilla tipo Irving, y con ello permitir el tránsito de peatonal sobre el mismo. Además de gestionar correctamente el cambio de uso de la estructura, para tener en cuenta una nueva forma de explotación, ya que sin dudas se convertiría en un punto de atracción turística por el alto valor paisajístico del entorno circundante, lo cual podría ser favorable para iniciar la explotación de los recursos hídricos de la ciudad, cuyos pobladores viven a espaldas de sus ríos y de su bahía, pudiendo integrarse esta obra con los atributos naturales de su entorno, en una ruta turística con paseos en canoa, excursiones y otras actividades que fomenten la protección al medio ambiente, para esta cuenca hidrográfica.

Palabras clave: Acueducto de Bello, Puente colgante, Tensores curvos, Rehabilitación.

ABSTRACT:

The hanging bridge on the river San Agustín is in a state of deterioration that impedes his possible use without an appropriate intervention. In the structure the corrosion prevails since it is in its metallic entirety, some of the elements of the traverse section of the board are removed and others don't exist. She intends to be carried out the rehabilitation of this bridge since this it is the only of their type in Cuba. Inaugurated in May of 1872 like an induced work of the aqueduct of Bello to supply to the city of Matanzas, it counts with more than 140 years maintaining more than 90% of their original component elements. According to their constructive typology it is a hanging bridge of steel with curved tensile, used to drive fluids. As part of the structural analysis she seeks to be defined if you could be replaced the driver of 15 pulg of diameter by a slight board of grill type Irving to allow the transit of people over it. Besides negotiating the change of use of the structure correctly, to keep in mind a new form of exploitation, since without doubts she would become a point of tourist attraction for the high landscape value of the surrounding environment, that which could be good to begin the exploitation of the hydraulical resources of the city whose residents live to backs of their rivers and of their bay, being able to be integrated this work with the natural attributes of their environment, in a tourist route with walks in canoe, trips and other activities that foment the protection to the environment, for this hydrographic bow.

Keywords: Bello Aqueduct, Suspension bridge, Curved Tensioners, Rehabilitation.

Introducción:

En Cuba no hubo un gran desarrollo de los puentes colgantes debido a su complejidad estructural y económica. Los primeros puentes de esta tipología surgieron a partir de la fiebre azucarera de mediados del siglo XIX, compuestos por armaduras atirantadas o constituidos por una estructura mixta, de cables atirantados soportados por dos pórticos de hormigón armado de estos ninguno a llegado a la actualidad. La ciudad de Matanzas ubicada entre ríos y una amplia bahía, a consecuencia del desarrollo industrial y económico ha necesitado de obras ingenieras para salvar estos obstáculos naturales, de ahí que sea la única urbe de Latinoamérica que cuenta con cuatro puentes centenarios en servicio pudiendo observarse los cuatro a la misma vez, además de estos ha sido necesario construir puentes para el soporte de tuberías, conductoras de diferentes fluidos fundamentalmente combustibles y agua potable. Sobre el río San Agustín se encuentran situados tres puentes, que salvan el obstáculo de esta corriente permanente de agua y que en alguna manera se relacionan con el caso en estudio: puente en la Carretera Central, tramo Ceiba Mocha-Matanzas, puente en estiaje aledaño al puente colgante y puente del sifón para la nueva conductora del acueducto desde los manantiales de Bello.

El Puente colgante es la obra más importante en la construcción del acueducto de Matanzas, fue creado para que soportara la tubería de agua que abasteció a la ciudad desde su inauguración en 1872 hasta 1987. Este puente fue diseñado por el ingeniero mexicano, radicado en Matanzas, Juan Francisco Sánchez Bárcena inspirado en el puente colgante ferroviario sobre las cataratas del Niágara proyectado por John Augustus Roebling. Esta estructura es la única de cables aéreos colgantes conservada en Cuba, la cual presenta un solo un tramo de 62 de luz.

Métodos de investigación empleado:

Empíricos: Inspección visual y estudio de caso.

Teóricos: Recopilación de información y modelación de la estructural. Levantamiento de los deterioros y posibles causas.

Procedimientos para la inspección en puentes colgantes.

“Por el interés que merece la reparación de los puentes y alcantarillas de una vía, el primer paso importante es llevar a efecto una inspección periódica y sistemática, creando un inventario de puentes, pontones y alcantarillas en el que se definen sus características y su estado físico.” (González Arestuche, 2011, 121).

Inspección

Durante la inspección realizada se detectó que algunos de los tirantes originales de la estructura habían sido sustituidos por barras corrugadas de ½ pulg. Lo cual se indagó en la empresa de recursos

hidráulicos de Matanzas que era la encargada de administrar dicha obra. Reportando que en la década de 1970 realizó una reparación empírica sin proyecto y sin un análisis previo de la estructura, sustituyendo parte de los elementos deteriorados en este caso los tirantes.

Cimentos	**Código**
	1.1.1
	Deterioros
	El deterioro en los cimientos no es apreciable pero el arranque o parte superior expuesta de uno de estos está parcialmente destruido.
	Causas y por ciento de afectación.
	Directas: La vegetación, árbol de considerable tamaño en el mismo arranque del cimiento. Indirectas: Falta de mantenimiento. Representa: El 25% de afectación.

Nudo del pórtico principal	**Código**
	1.1.2
	Deterioros
	Presencia de corrosión y ausencia de pintura.
	Causas y por ciento de afectación.
	Directas: Acumulación de agua y la edad propia de la estructura. Indirectas: Falta de mantenimiento. Representa: El 100% de afectación.

Estribos	**Código**
	1.1.3
	Deterioros
	Existen grietas longitudinales que aparecen desde la parte superior hasta el terreno.
	Causas y por ciento de afectación.
	Directas: La vegetación (hierbas y árboles de considerable tamaño con raíces incrustadas a los muros). Humedad. Indirectas: Además de la edad y la exposición a las condiciones del tiempo, baja calidad en el hormigón de los muros y ausencia de mantenimiento. Representa: El 30% de afectación.

Tirantes, Cables y modaza.	**Código**
	1.1.4
	Deterioros
	Presentan pérdidas de sección, se encuentran doblados y algunos desprendidos parcialmente.
	Causas y por ciento de afectación.
	Directas: Agentes atmosféricos, cambios de temperatura, acumulación de agua. Indirectas: Falta de mantenimiento. Representa: El 35% de afectación por perdida de sección en los tirantes y un 15% en los cables.

Vigas de la sección trasversal	**Código**
	1.1.5
	Deterioros
	Presenta pérdidas de sección en los apoyos y se encuentran afectadas por la corrosión.
	Posibles causas
	Directas: Agentes atmosféricos, cambios de temperatura. Indirectas: Falta de mantenimiento. Representa: El 52% de afectación.

Pórtico principal	**Código**
	1.1.6
	Deterioros
	Ausencia de pintura e indicios de corrosión.
	Causas y por ciento de afectación.
	Directas: La vegetación. Indirectas: Exposición a un ambiente agresivo. Representa: El 5% de afectación.

Resumen de afectación por elementos componentes.

Elementos componentes	Total	Ausentes	Dimensiones (mm)				
			Ancho	Altura	Espesor	Largo	Diámetro
Cables	2					65000	65
Mordazas	84	8	63	135	7		
Tensores	84	11					13
Torres	2		2000	5300			
Conductora	16					3800	380
Bases de la conductora	42	26	80	55	7	500	
Vigas	42	23	80	150	7	2000	
Estribos	2		4200	2000		2100	
Cimientos	4						

Análisis y modelación del estado del puente.

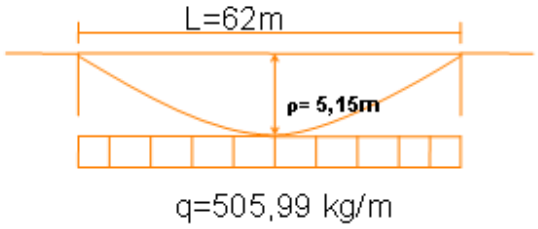
Este análisis se desarrolló con el objetivo de definir si era posible la sustitución de la conductora por un tablero ligero que permitiera la rigidización longitudinal de la estructura del puente así como el paso peatonal por el mismo.

Se empleó para ello el método clásico para el diseño de puentes colgantes de los ingenieros y profesores de la Universidad de ILinois Fred B. Seely and Newton E. Ensign, pudiéndose realizar la revisión del mismo como un cable parabólico suspendido entre dos puntos con una carga uniformemente distribuida sobre una proyección horizontal de la curva funicular.

Teniendo en cuenta la NC 733-2009 se definieron las cargas y la condición más crítica CP y CU. Se determinaron las tensiones de trabajo y las admisibles, así como los esfuerzos de trabajo y los admisibles para establecer una comparación entre estos y definir si se podía sustituir el tablero, lo cual fue favorable para la propuesta realizada.

Llegando a los siguientes resultados:

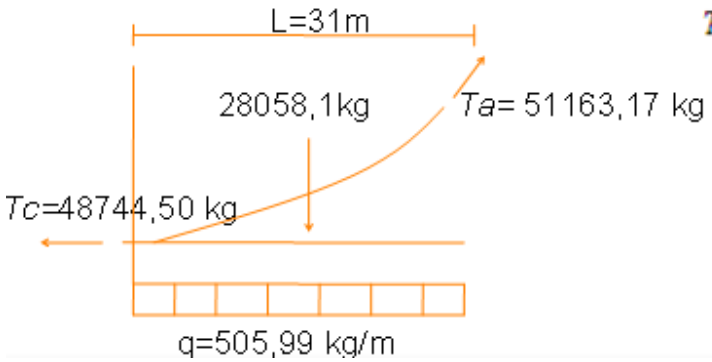
$$C_P = C_{cable} + C_{tensores} + C_{conductora} + C_{seccines\ transversales} + C_{armadura} + C_{tablero} + C_{barandas}$$

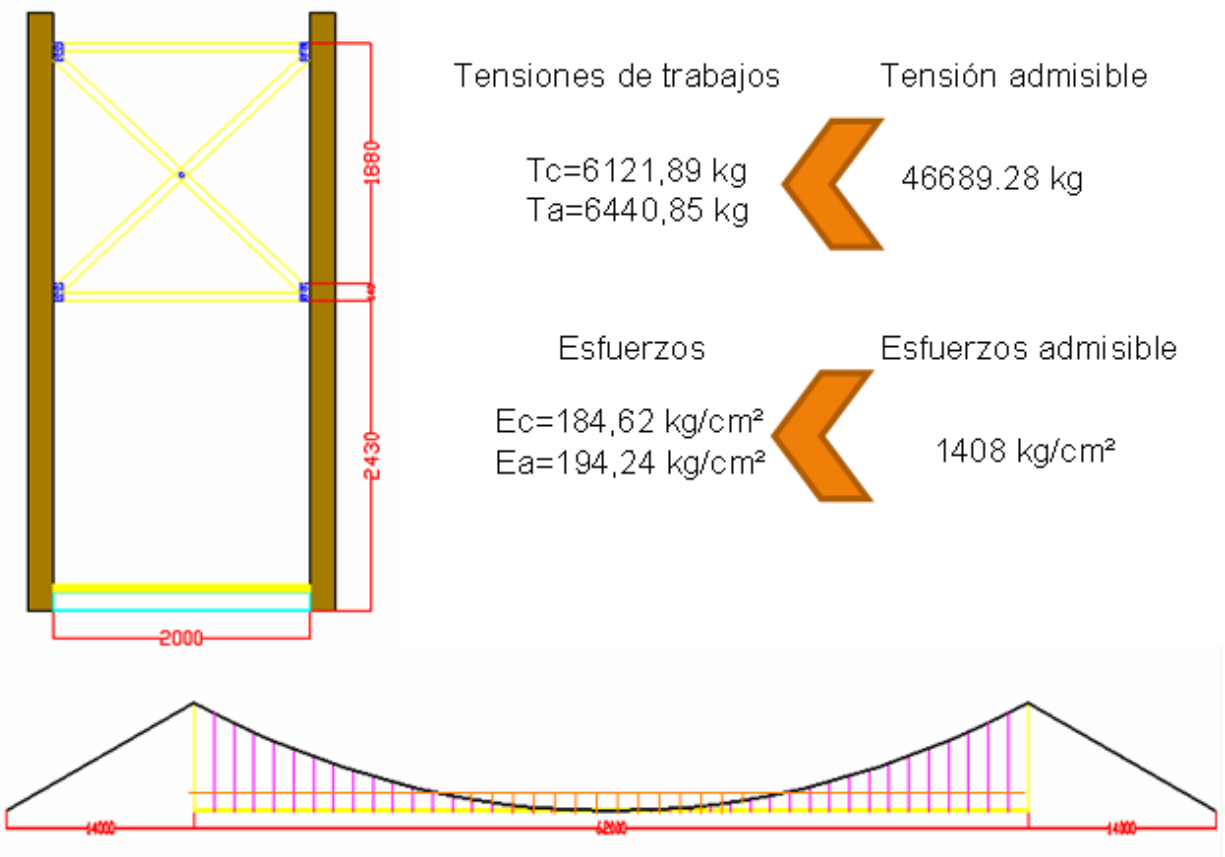


$$q = 1.2C_p \cdot 1.6C_u$$

$$T_c = \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot \rho}$$

$$T_a = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{L^2}{16\rho^2}\right)}$$





Tc: Tensión en el centro de cable.

Ta: Tensión en el apoyo del cable.

Ec: Esfuerzos en el centro del cable.

Ea: Esfuerzos en el apoyo del cable.

q: Carga distribuida.

L: 1/2 de luz del puente.

ρ: Flecha.

Propuesta de intervención.

Intervención en cimientos:

En estos es necesario realizar un descortezado en el emplazamiento de la estructura y específicamente en los arranques de los cables o conexión con los cimientos, donde es apreciable el grado de afectación de la estructura. Y en caso más crítico que presenta un árbol de considerable tamaño retirarlo y determinar el grado de afectación en la cimentación.

Intervención en las torres:

Las torres de 5,3 m de altura y 2,0 m de ancho a pesar del estado de abandono y falta de mantenimiento en que se encuentra el puente, las dos se encuentran en un estado aceptable. En este caso se propone la aplicación de cepillo de alambre para retirar las capas de pintura y óxido, lo cual se recomienda hacer manualmente para evitar el uso de Sand Blasting que por la ubicación del puente provocaría mayores afectaciones al medio ambiente. Seguidamente aplicarle un inhibidor de corrosión y dos manos de pintura anticorrosiva para su protección.

Intervención en los estribos:

Es necesario verificar si las grietas son activas o pasivas. En caso de que sean activas se limpiará la grieta, quedando de esta forma preparada para su posterior sellado con una pasta de yeso, sirviendo así como mecanismo de comprobación en el período de tiempo previsto, a las 72 horas, una semana y a los 15 días. En caso de ser pasiva la grieta, se aplicará el mismo procedimiento explicado anteriormente con la única diferencia de que el sellado se realizará con mortero *Cover Repar*.

Intervención en los tensores:

Deben ser sustituidos los tensores defectuosos y colocar los ausentes, los que se encuentran en buen estado, limpiarlos con cepillo metálico y aplicarles un inhibidor de corrosión y aplicarle dos manos de pintura anticorrosiva de diferente color para su conservación.

Intervención en los elementos transversales Vigas:

Estos son los más deteriorados del puente. En este caso se propone realizar su limpieza con cepillo de alambre, se repondrán los elementos perdidos o deteriorados y seguidamente se dará una pintura primaria de protección que permita proteger los elementos de la corrosión.

Intervención en los cables:

Los cables se encuentran en un estado aceptable, por lo que se propone limpiarlos con un cepillo metálico y aplicarle un inhibidor de corrosión y dos manos de pintura anticorrosiva para su protección ante los agentes atmosféricos.

Intervención en las mordazas:

Generalmente se encuentran en buen estado, se recomienda sustituir las más deterioradas, limpiarlas con un cepillo metálico y aplicarle un inhibidor de corrosión y dos manos de pintura anticorrosiva para su protección.

Conclusiones:

1. En diferentes partes del mundo los puentes constituyen un foco de atracción para visitantes, con ello se favorece al comercio local convirtiéndose en dispositivos claves de la identidad local o en el entorno en que se encuentran.
2. La presencia de la estructura con más de un siglo de construidos – 140 años –convierte al puente en un invaluable tesoro del patrimonio local. De manera general, el puente se clasifica como muy dañado, con peligros posibles de fallo estructural. Las lesiones de la estructura están asociadas a su edad y a la ausencia total de mantenimiento.
3. El mantenimiento correctivo es el más indicado para obras como la analizada, producto al deterioro de los elementos componentes y con una vida útil prolongada. En este caso se parte de la máxima que es más económico conservar que construir nuevo.

Bibliografía:

ALFONSO RISCO, Maurys y GAMEZ RODES, Rolando (2012) *Vindicando un patrimonio, los puentes pequeños de la ciudad de Matanzas*. En Cuartilla Informativa (Informativo sobre la obra restauradora en la Habana Vieja y en Cuba) Año XVIII / Núm. 2 junio a diciembre del 2012. New York. USA.

AYUNTAMIENTO DE MATANZAS (1745, 1768 y 1789). *Actas capitulares*. Matanzas: Folios 46, 87 y 65, respectivamente. Archivo Histórico Provincial de Matanzas.

BABÉ RUANO, Manuel. (2006). *Mantenimiento y Reconstrucción de Edificios*. La Habana: Editorial Félix Varela. Segunda edición del 2006.

CUBA (1977). *Ley No. 1. Ley de Protección al Patrimonio Cultural de la República de Cuba*. La Habana.

CUBA (1983). *Decreto Número 118 – Reglamento para la ejecución de la Ley de Protección al Patrimonio Cultural*. La Habana.

GAMEZ RODES, Rolando (2011) *Proyecto de rehabilitación y plan de conservación del puente viejo sobre el río Buey Vaca.* Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos 2011.

GONZÁLEZ ARESTUCHE, Luis R (2001). *Experiencias y métodos para la conservación de puentes de carretera en la República de Cuba.* La Habana: Taller Poligráfico Pirámide Comunicación Integral del Ministerio de la Construcción, vol I y II. ISBN: 959-7116-05-7.

GONZÁLEZ ARESTUCHE, Luis R. y RECONDO PÉREZ, Ramón F (2011). *El puente de cables colgantes sobre el río San Agustín*. Matanzas. Revista Artística y Literaria*.* 2011. Año XII. No. 1. Enero-Abril 2011. p. 53. ISSN 0864-0882.

GUANCHE, Jesús (1979). S*ignificación de la cultura popular tradicional*. Revista Revolución y Cultura*,* nº 85. La Habana.

ICOMOS (1964). *Carta Internacional sobre la Conservación y la Restauración de Monumentos y de Conjuntos Histórico-Artísticos.* II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos. Venecia. Disponible en: http: // www. esicomos.org.

LÓPEZ CORVALÁN, Lázaro y GONZÁLEZ ARESTUCHE, Luis R. (2009). *Catálogo de daños para puentes de carretera en el municipio de Isla de la Juventud.* La Habana: Facultad de Ingeniería Civil ISPJAE. p.36.

NC 733-2009 *Carreteras-Puentes y Alcantarillas- requisitos de diseño y método de cálculo.* La Habana: ININ/ Oficina Nacional de Normalización.

SÁNCHEZ BÁRCENA, Juan F. (1863). *Anteproyecto de conducción de agua para la ciudad de Matanzas*. Matanzas: Archivo Histórico Provincial, Expediente 13834, Folio 24, legado 176.

SEELY, Fred B. y ENSIGN, Newton E. (1985) *Mecánica Analítica para Ingenieros.* La Habana: Edición revolucionaria. Instituto del libro. Tercera edición 1985