

## TECNICAS DE BAJO COSTO PARA EL ENSANCHE DE PUENTES

Luis A. Caballero<sup>1</sup>

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Campus de San Lorenzo,  
lualca @telesurf.com.py

ES-VI-CS-10

Las exigencias actuales de tráfico y el programa de mejoramiento de los caminos de la red vial nacional, requieren del ensanche de los puentes de hormigón. El aumento del volumen del tráfico comercial pesado es la justificación más importante de dichos trabajos, si es que se pretende mayor seguridad vial.

El ancho reducido de los puentes de las Rutas 1 y 2, cuyas construcciones fueron realizadas en las décadas de 1940, 1950 y 1960, produce en los conductores de hoy un estrangulamiento psicológico de la carretera, lo cual resulta en la reducción de la capacidad y la seguridad de circulación. Deficiencias que es demostrada hoy día, con todo realismo, en los puentes no ensanchados de la Ruta 1, tramo Paraguari-Encarnación, por las pérdidas de vidas humanas y las lesiones ocasionadas, además de los daños que sufren vehículos, barandas y guardarruedas, como consecuencia de los accidentes de tránsito.

Las primeras obras de ensanche de puentes en los tramos San Lorenzo-Coronel Oviedo, San Lorenzo-Paraguarí y en otros puntos de la red vial nacional, fueron realizadas en la década de 1980.

Considerando que el diseño y la construcción del ensanche de un puente no tienen el mismo tratamiento que se aplicaría comúnmente a un puente de hormigón y ante la falta en nuestro país de textos técnicos y especificaciones técnicas referentes al ensanche de puentes, este trabajo muestra la técnica utilizada para no afectar estructuralmente a las obras en servicio y a la circulación vehicular.

Así mismo, la seguridad del obrero es una condición primordial en la programación de las actividades, sobretudo en la etapa del hormigonado de la calzada y en la construcción de las barandas y guardarruedas.

Las obras de ensanche realizadas en la década de 1980, luego de 20 años de habilitadas, siguen cumpliendo su cometido de proporcionar seguridad y mayor capacidad de vía.

---

<sup>1</sup> Ing. Civil, Profesor Auxiliar de la Cátedra de Vías de Comunicación.

## 1. INTRODUCCION

Considerando que el diseño y la construcción del ensanche de un puente no tienen el mismo tratamiento que se aplicaría comúnmente a un puente de hormigón y ante la falta en nuestro país de textos técnicos y especificaciones técnicas referentes al ensanche de puentes, este trabajo muestra la técnica utilizada para no afectar estructuralmente a las obras en servicio y a la circulación vehicular.

Las exigencias actuales de tráfico y el programa de mejoramiento de los caminos de la red vial nacional, requieren del ensanche de los puentes de hormigón. El aumento del volumen del tráfico comercial pesado es la justificación más importante de dichos trabajos, si es que se pretende mayor seguridad del tráfico vehicular.

Se enfatiza sobre la seguridad del obrero en la programación de las actividades, sobretodo en la etapa del hormigonado de la calzada y en la construcción de las barandas y guardarruedas.

La metodología expuesta para el ensanche de los puentes de hormigón armado de reducida luz, no presenta dificultades constructivas y se puede realizar con equipamiento sencillo y de bajo costo.

## 2. CONSIDERACIONES GENERALES

El ensanche de un puente de hormigón tiene peculiaridades que lo torna un caso particular dentro del diseño y construcción de la carretera.

La obra requiere de enfoques y decisiones especiales para alcanzar el éxito en cuanto a plazo de ejecución, costo y seguridad vial. Las consideraciones a tener en cuenta son:

- El trabajo debe realizarse sin obstaculizar el tráfico existente, lo cual implica seguridad de circulación en horario diurno y nocturno y por ende, adecuada señalización.
- La estructura de fundación del ensanche no debe provocar fallas a la cimentación del puente existente.
- El diseño del ensanche se debe realizar como una estructura independiente, evitando cualquier tipo de ligazón o conexión con las partes del puente en servicio.
- La seguridad del obrero es una condición primordial en la programación de la obra, sobretodo en la etapa del hormigonado de la estructura de la calzada y en la

construcción de las barandas y guardarruedas.

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS ESTRUCTURAS NO ENSANCHADAS

El número de vanos de los puentes varían de 1 a 10 unidades. Las luces son de 6.00 m, medida horizontalmente entre los centros de dos apoyos sucesivos. La altura libre debajo de los puentes, medida verticalmente entre el punto más bajo de la superestructura y el punto más alto del lecho del arroyo, variable de 3 a 4 m.

El ancho útil de los puentes es de 6.00 m, medida horizontalmente entre las caras internas de los guardarruedas. La superestructura en total mide 7.00 m, medida entre las caras externas de los guardarruedas de 0,50m de ancho por lado.

Este ancho reducido de los puentes, cuyas construcciones fueron realizadas en las décadas de 1940, 1950 y 1960, produce en los conductores de hoy un extrangulamiento psicológico de la carretera, lo cual resulta en la reducción de la capacidad y seguridad vial. Fenómeno no observado en la etapa de diseño y construcción de las obras debido al pequeño volumen de tráfico y la reducida velocidad de circulación de la época.

Estudios de la Asociación Americana de los Órganos de Carreteras Estadales (AASHTO, Highway Capacity Manual, 1965) cuyos resultados fueron determinados experimentalmente, tabla I, demuestran que los puentes de 7,20 m de ancho y sin faja lateral libre, tienen una capacidad de tráfico de apenas 72 %. Esto significa que los puentes de 6.00 m de ancho tienen una capacidad aun menor. Situación que es demostrada hoy día, con todo realismo, en los puentes no ensanchados de la Ruta 1, tramo Paraguari-Encarnación, por las pérdidas de vidas humanas y lesiones, además de los daños que sufren las barandas y guardarruedas, por efecto de la colisión de los vehículos.

Para obviar el efecto de la obstrucción psicológica de la carretera se adopta en la década de 1980, en los tramos San Lorenzo-Cnel Oviedo y San Lorenzo-Paraguari, el sobreamo de 1,50 m por lado, Fig. 3, lo que da un ancho de calzada de 9 m y 0,50 m por lado para los guardarruedas. Esta solución permite reducir los accidentes de tránsito y dar seguridad a los conductores.

Luego de 20 años de realizado los ensanches en los tramos indicados, todavía

se observa un buen funcionamiento de las estructuras mejoradas.

Distancia de la obstrucción lateral con relación al borde de la pista	Capacidad de la pista de 7,20 m como porcentaje de la situación ideal.
1,80 m	100%
1,20 m	92%
0,60 m	83%
0,00 m	72%

**Tabla 1.** Efecto de las obstrucciones laterales sobre el flujo del tráfico, en carreteras<sup>2</sup>

### 3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

No se conoce en nuestro país textos técnicos referidos específicamente al ensanche de puentes, por ello se recurre a los manuales y normas destinados a la estructura completa. Este trabajo muestra la solución estructural del ensanche de los puentes de las Rutas 1 y 2, tramos San Lorenzo-Coronel Oviedo y San Lorenzo-Paraguari, trabajos realizados en la década de 1980. Así mismo, muestra el ensanche de puentes de casos puntuales como: Arroyo Yuquyry, tramo Luque-Aregua; Arroyo Espajín, tramo Concepción-Horqueta y Arroyo Tobatingua, tramo San Roque González-Quiindy, figura 1.



**Figura 1.** Puente ensanchado tramo San José de los Arroyos-Coronel Oviedo.

#### 3.1 Sobrecargas

La estructura del ensanche se diseña para soportar las cargas externas y el peso propio. Las cargas externas son la sobrecarga permanente y la móvil. La sobrecarga permanente está compuesta de los materiales colocados sobre la calzada del ensanche como son el pavimento, la baranda y el guardarrueda.

La sobrecarga móvil corresponde al peso de los vehículos y peatones. La carga de cálculo

<sup>2</sup> Walter Pfeil, Puentes de Hormigón Armado, Volumen 1, 1983, 3ª ed.

utilizada corresponde al tipo 30 de la Norma Brasileña NBR 7188 (1982). Para considerar los efectos del impacto vertical y la aceleración y frenado de los vehículos se adoptan las recomendaciones de la Norma Brasileña NB2.

Los pilares se consideran que están sujetos a esfuerzos horizontales y verticales. Los esfuerzos verticales considerados son: Peso propio, reacción de la sobrecarga permanente y móvil. Los esfuerzos horizontales son: frenado o aceleración y empuje de agua. La presión de viento no se considera debido a la poca altura de los puentes.

#### 3.2 Materiales

La resistencia característica del hormigón a compresión simple es 18 MPa, referida a la edad de 28 días y la tensión característica de fluencia del acero es 490 MPa, correspondiente al CA-50.

#### 3.3 Características del subsuelo

Las características del subsuelo y de la profundidad de fundación se obtienen por el método del Standard Penetration Test (SPT), figura 2.



**Figura 2.** Ensayo del Standard Penetration Test.

#### 3.4 Geometría

La superestructura adoptada es una losa o placa de 6,00 m de largo y 1,50 m de ancho por lado. Esta solución es económicamente posible para luces pequeñas de hasta 20 m. Con la losa se puede lograr menor altura constructiva y se la emplea preferentemente cuando las luces son pequeñas; además presenta una vista inferior cerrada (lisa) que facilita el encofrado y desencofrado.

La sección de los pilares es cuadrangular de 40 cm de lado y la altura varía de 3 a 4 m, figura 3.

Para la fundación se adopta en todos los casos tubulones de 0,80 m de diámetro

interno, perforados manualmente. El hincado de pilotes por percusión no se consideró prudente utilizar por la posibilidad de dañar a la estructura de fundación existente. La utilización de pilotes preperforados se desestimó ante la no disponibilidad del equipamiento específico por el Departamento de Puentes del MOPC, constructor de los ensanches.

Para evitar la excavación muy profunda que siempre implica riesgo y mayor costo, se utilizan dos hileras de tubulones que son introducidos a menor profundidad, previéndose un encepado para repartir los esfuerzos normal y horizontal del pilar a los tubulones.



Figura 3. Construcción de pilares

## 4. ANÁLISIS CONSTRUCTIVO

### 4.1 Fundación

La fundación se realiza con tubulones que tienen la facilidad de ser perforados manualmente, sin vibraciones, no requieren equipo costoso y permiten la inspección directa del terreno atravesado y de aquel en que se cimenta.

Una estructura de ingeniería no debe ser construida si el subsuelo no fue debidamente investigado. El proceso de investigación que más convence es el de perforación del terreno, con extracción de muestra. El proceso se denomina sondaje de reconocimiento y es el método utilizado en el ensanche de los puentes objeto de este informe. Específicamente es el método del Standard Penetration Test (SPT), con el que se determina la calidad del subsuelo y la profundidad de fundación del tubulón.

Los tubulones son construidos por excavación manual en el interior de camisas de hormigón armado circular, posteriormente vaciados con hormigón masa. La camisa de 0,80m de diámetro puede dar cabida con toda holgura al excavador.

Las camisas utilizadas son tubos de alcantarilla de 0,90 m de altura, cuyos encastres tipo macho-hembra además de facilitar el empalme de un tubo con otro, a medida que el tubulón penetra en el terreno, proporcionan buena estanqueidad para evitar las vías de agua que van apareciendo a lo largo de la perforación. Así mismo, los tubos tienen la facilidad de transporte, acopio e izado para ser ubicados en el sitio de fundación.

Para el desagote de las vías de agua que puedan penetrar a pesar del encastre machiembreado, se utilizan motobombas de 120 m<sup>3</sup>/h.

El hormigón de relleno de los tubulones tiene una resistencia característica de 10 MPa, excepto en la zona superior de anclaje del pilar, en la que se adopta una resistencia característica de 18 MPa.

Otra ventaja del tubulón simple es que no necesita encepado. La armadura de espera arranca a 1,00 m de la parte superior del pozo, donde se utiliza el hormigón de 18 MPa de resistencia característica.

El manipuleo y la ubicación del tubo de alcantarilla en el sitio deseado se consiguen con una pequeña pala cargadora o excavadora con cucharón de valva de almeja.



Figura 4. Alineación de tubulones. Puente José P., tramo Luque-Aregua.



Figura 5. Equipo para el manipuleo de los tubos de alcantarilla

## 4.2 Pilares

El hormigón y el acero utilizados en los pilares tienen las mismas características del hormigón y acero de la superestructura.

Los pilares, en la parte inferior, están empotrados en el tubulón; arriba absorben las cargas de las losas mediante articulación lineal y apoyo deslizante, respectivamente.

## 4.3 Losa de calzada

Las losas son hormigonadas in situ. No se recurre a los prefabricados por falta de equipo adecuado para el lanzamiento de las piezas.

El encofrado es preparado sobre soporte reticulado para salvar el curso de agua y evitar las crecidas de los días de lluvia, que podrían arrastrar los apuntalamientos apoyados directamente en el lecho, figura 6.

Un extremo de las losas se asegura al pilar mediante varillas de 25 mm de diámetro que quedan empotradas en ambas piezas; el otro extremo se deja libre para permitir la dilatación y contracción de la losa; el desplazamiento es facilitado merced a la utilización de placa de isopor o cartón impregnado de asfalto para asiento de la losa. El hormigón se prepara al pie de obra con hormigonera de 0,20 m<sup>3</sup>/h de capacidad.



Figura 6. Encofrado sobre reticulado

En la etapa de hormigonado, el tráfico es interrumpido en media calzada a fin de facilitar el desplazamiento del personal y evitar accidentes u otro contratiempo a automovilistas y obreros; así mismo, se densifica la señalización y se orienta el tráfico con banderolas.

## 5. CONCLUSIÓN

La metodología expuesta para el ensanche de los puentes de hormigón armado de reducida luz, no presenta dificultades constructivas y se puede realizar con equipamiento sencillo y de bajo costo.

El trabajo puede ser ejecutado por pequeñas empresas de construcción.

Considerando que últimamente en el Paraguay, muchas pequeñas empresas de construcción se hallan ociosas, es recomendable que las licitaciones públicas adjudiquen el menor número de puentes por empresa, de manera que se beneficie el mayor número de oferentes.

## 6. REFERENCIA

1. Pfeil Walter, Puentes de hormigón armado, Volumen I y II, 3<sup>a</sup> ed., 1983, Libros Técnicos y Científicos Editora S. A., Río de Janeiro Brasil, p.488.
2. Richard M. Barrer, Jay A. Puckett, Design of Highway Bridges, 1997, John Wiley & Sons, Inc, New York, p.1158.
3. AASHTO, Especificaciones Técnicas para Puentes, 1996.
4. Fritz Leonhardt, Bases para la Construcción de Puentes Monolíticos, Tomo VI, 1979, El Ateneo, Buenos Aires Argentina.

