

## Aportes de Nuestros Egresados

- *El Código Colombiano Sísmico de Puentes - Ing. Carlos Alberto Echeverry Arciniegas • Ingeniero Civil, docente de la Universidad Militar "Nueva Granada", Funcionario del Ministerio de Transporte.*
- *Ingeniería y Desarrollo Tecnológico en Colombia - Daniel Alarcón M., Gabriel Amado P., Leonardo Espinosa D., Mario Caycedo E., Hernán Guzmán B., • Ingenieros Civiles egresados de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Militar "Nueva Granada".*

# El Código Colombiano Sísmico de Puentes

\* Ing. Carlos Alberto Echeverry Arciniegas

## 1. ANTECEDENTES

- En Colombia el diseño y la construcción de puentes se ha efectuado siguiendo las recomendaciones de la AASHTO (Americana Association Standard Highway Transport Officials).
- A partir de 1931 se establece "Standard Specifications for Highway Bridges, la cual se publica periódicamente cada 4 años.
- Entre los años 1931 y 1970 se implementa la metodología de diseño WSD (Working Stress Design)
- A partir de 1970 se establece el método LFD (Load Factor Design).
- En 1986 se encarga a un Subcomité de Investigaciones en Estados Unidos la evaluación de las normas AASHTO, su comparación con otras normas internacionales.
- En 1912 el Ministerio de Obras Públicas y Transporte contrata con la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), la elaboración del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, para lo cual se conforma el comité AIS 200, el cual se basa en la norma AASHTO-edición 15 de 1992
- El Decreto 2171 de 1992 reestructuró el Ministerio de Obras Públicas y Transporte como Ministerio de Transporte, creó el Instituto Nacional de Vías encargado de la ejecución de políticas de la Red Nacional de Carreteras, quien siguió manejando el contrato con la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, relacionado con el Código Colombiano Sísmico de Puentes.
- En 1994 aparece la norma AASHTO-LRFD
- El Ministerio de Transporte a través de la resolución No. 3600 del 20 de junio de 1996, la adoptó como norma técnica el documento elaborado por la AIS.
- Durante los días 25 y 26 de noviembre de 1996, el Instituto Nacional de Vías realizó la presentación del Código Colombiano Sísmico de Puentes a profesionales de la ingeniería involucrados en el

\* Ingeniero Civil, Docente de la Facultad

diseño, construcción, interventoría y mantenimiento de puentes.

## 2. ALGUNOS ASPECTOS DEL CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO

### Sísmico de Puentes

A continuación se transcriben entre otros los siguientes aspectos:

- Uso de AASHTO LRFD-La búsqueda de una mayor seguridad y economía en los diseños estructurales ha conducido al desarrollo de procedimientos de diseño basados en métodos estadísticos que describen en forma más precisa la variable en las propiedades de los elementos estructurales.

Estos procedimientos, conocidos como LRFD (Load and Resistent Factor Desing), representan un enfoque más moderno y confiable, por lo cual todos los países han cambiado sus normas a esta metodología.

El comité AIS-200, encargado de preparar el Código Colombiano de Puentes es consciente de esta tendencia mundial y considera que en pocos años, esta filosofía de diseño terminará imponiéndose, por lo cual ha comenzado los estudios necesarios para preparar la norma LRFD Colombiana. Mientras se logra este objetivo, ha estimado conveniente, permitir el uso del documento AASHTO-LRFD "Bridge Desing Specifications que debe utilizarse en su totalidad y no tomar de él la parte más conveniente".

- **GALIBOS** - El gálibo sobre las vías principales en áreas rurales, debe ser por lo menos 4.90 m. en todo el ancho de la vía y debe preverse la posibilidad de repavimentación. En vías principales de áreas urbanas, debe preverse un gálibo mínimo de 4.90 m. excepto en áreas altamente desarrolladas.

Debe preverse un gálibo mínimo de 4.90 en áreas rurales y urbanas cuando tal gálibo se requiera por seguridad. En todas las otras vías el gálibo debe ser de 4.50m mínimo sobre el ancho de la vía de debe preverse la posibilidad de repavimentación.

- **CARGA VIVA**- Los puentes ubicados en las vías que forman parte de la Red Nacional de Carreteras deben diseñarse para carga C40-95. Los puentes ubicados en las nuevas carreteras que se construyan con recursos del Instituto Nacional de Vías deben diseñarse para la carga C40 - 95

Los puentes ubicados en las carreteras que no forma parte de la Red Nacional pueden diseñarse para la carga C32-95.

Los puentes urbanos ubicados en las vías no contempladas en las carreteras nacionales pueden diseñarse para la carga C32-95

- **CARGA POR SISMO**. Los movimientos sísmicos de diseño están basados en una probabilidad de 10% de que sean excedidos en un lapso de 50 años, correspondiente a la vida útil promedio de un puente. Los puentes y sus componentes que se

diseñen y construyan de acuerdo con los requisitos del código pueden sufrir daño durante un sismo, pero tendrán una baja probabilidad de sufrir colapso debido a los movimientos sísmicos del terreno.

## • INTERVENTORIA Y SUPERVISIÓN TÉCNICA

### Interventoría Técnica de Diseño

Todo trabajo relacionado con puentes y otras obras estructurales viales de importancia cubiertas por el presente código, debe ser supervisado por un profesional calificado, ingeniero civil, con experiencia específica en el área de puentes, debidamente matriculado y con Tarjeta Profesional vigente. En el caso de firmas de ingeniería y áreas afines, este requisito se aplica a los profesionales a su servicio, que ejerzan labores de interventoría de diseño.

- El Supervisor Técnico de Diseño debe cumplir con los siguientes requisitos de idoneidad mínimos:
- 5 años de experiencia en diseño de puentes, de los cuales 2 deben haber ocurrido durante los últimos cinco años.
- El supervisor técnico de diseño debe verificar los conceptos de diseño básico relacionados con el tipo de estructura escogida como solución, materiales utilizados, condiciones de servicio, procedimientos constructivos, condiciones locales del sitio donde se debe ubicar la estructura, consideraciones locales de sitio donde se debe ubicar la estructura, conside-

raciones estéticas y demás aspectos inherentes a la concepción de la solución.

- Es responsabilidad del Supervisor Técnico de Diseño, verificar el cumplimiento de las normas de trazado geométrico, curvas, pendientes, anchos de vía, número de carriles, sobrecanchos, etc. Según las condiciones de diseño establecidos por el cliente, el Ministerio de Transporte o la autoridad competente.
- Es responsabilidad del Supervisor Técnico de Diseño confrontar la validez de los diseños según los estudios básicos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, etc.
- El Supervisor Técnico de Diseño debe hacer un seguimiento del cumplimiento por parte del diseñador de los requisitos especificados en el código, como mínimo los siguientes aspectos:

**CARGAS:** El diseño debe incluir avalúo de cargas muertas, vivas (camión de diseño o línea de carga equivalente), impacto, cargas de peatones, empujes sobre barandas y sardineles, cargas sísmicas según las diferentes categorías de comportamiento, carga de viento, y otras cargas aplicables según el caso, como empujes de tierra e hidráulico, fuerzas térmicas, flotación, fuerza de corrientes de agua. Dichas cargas deben combinarse para producir los máximos efectos, según los diferentes grupos de carga y según el método de diseño escogido.

**SUPERESTRUCTURA:** El Supervisor Técnico de Diseño debe verificar las consideraciones de distribución de cargas de rueda sobre el tablero, transversal y/o longitudinalmente, para los diferentes elementos estructurales que lo compongan (concretos reforzado y preesforzado, acero estructural; apoyos, barandas) y señalización.

**SUBESTRUCTURA:** El Supervisor Técnico de Diseño debe verificar las consideraciones de diseño de la subestructura (estribos, muros de contención, pilas, fundaciones superficiales y profundas, elementos de concreto (reforzado y preesforzado) conductos enterrados y tierra armada).

- El Supervisor Técnico de diseño debe verificar la correspondencia entre los modelos matemáticos utilizados y métodos de análisis empleados, con el comportamiento real de la estructura. Esto debe incluir verificación del seguimiento del método de diseño escogido (esfuerzos de trabajo o esfuerzos últimos), modelos teóricos de análisis numérico, modelos de proceso de computador, datos de entrada y salida, desplazamientos de los elementos estructurales, comportamiento sísmico, y cualquier otro aspecto de importancia dentro del análisis y diseño.
- El Supervisor Técnico de diseño debe asegurarse de que la información contenida en los planos corresponda adecuadamente con los diseños y memorias de cálculo y que los planos y otros documentos

de construcción reflejen adecuadamente las consideraciones hechas en los cálculos. Cualquier desviación de los mismos deben discutirse con el diseñador, quien en conjunto con el Supervisor técnico de Diseño deben llegar a un acuerdo sobre la uniformidad entre la información contenida en cálculos y planos.

El control de planos debe incluir la verificación de los siguientes aspectos:

- Definición y localización de la estructura
- Grado de detalle (completo o incompleto)
- Consistencia y uniformidad entre los diferentes dibujos y planos.
- Detalles de los elementos estructurales
- Detalles constructivos especiales
- Dimensionamiento completo
- Especificaciones de materiales
- Especificaciones de la carga de diseño
- Especificaciones especiales sobre la fundación de estructuras

El control de los cálculos debe incluir la verificación de los siguientes aspectos:

- Contenido general
- Cargas de diseño, sus combinaciones y método empleado.
- Especificaciones de los materiales de la estructura y de la Fundación
- Modelos de análisis
- Programas de computador utilizados y su descripción
- Categorías de comportamiento sísmico
- Resultados de análisis
- Diseño de elementos

- Cálculo de cantidades de obra

#### Interventoría Técnica de Construcción

- Todo trabajo relacionado con puentes y otras obras estructurales viales de importancia cubiertos por el presente código, debe ser supervisado por un profesional calificado, ingeniero civil, con experiencia específica en el área de puentes, debidamente matriculado y con Tarjeta Profesional vigente. En el caso de firmas de ingeniería y áreas afines, este requisito se aplica a los profesionales a su servicio, que ejerzan labores de interventoría de construcción. Las labores de inspección pueden ser ejecutadas por personal técnico no profesional, con experiencia en el área específica, pero la responsabilidad de los trabajos de supervisión técnica de construcción debe recaer siempre sobre un profesional.

- El Supervisor Técnico de construcción debe cumplir con los siguientes requisitos de idoneidad mínimos en cada una de los siguientes actividades.

- a) Experiencia en diseño o construcción de puentes 5 años.
- b) Experiencia como interventor de obras en general 3 años.

Cuando no tenga experiencia mínima en cada una de las actividades anteriores, se acepta si la suma de las experiencias entre ellas supera 12 años.

- El Supervisor Técnico de Construcción puede delegar algunas de sus

funciones en personal profesional y auxiliar y bajo su dirección y responsabilidad, dicho personal puede consistir de una o varias de las siguientes personas:

- a) Residente de la Interventoría: Ingeniero debidamente matriculado, con una experiencia mínima profesional de 3 años en labores de diseño, construcción o interventoría de puentes y obras viales.
- b) Inspector: Tecnólogo de construcción o equivalente, con experiencia de labores de construcción o supervisión técnica mínimo de 5 años.
- c) Asesores: Cuando sea necesario o conveniente, el Supervisor técnico de construcción puede recurrir a la utilización de asesorías especializadas, en las cuales puede delegar algunas de sus funciones.

- Son responsabilidades del Supervisor Técnico de Construcción:

- a) Asegurar la adecuada correspondencia entre las obras construidas y el diseño y especificaciones de las mismas.
- b) Asegurar que la construcción de puentes y otras obras viales cubiertas por la presente norma, se realice por procedimientos confiables, acordes con las mejores prácticas de la ingeniería, de manera que la obra sea segura, tanto durante el proceso constructivo, como durante su servicio.

- c) Velar por el cumplimiento de los Programas de Ejecución de obras, y ejercer control sobre los Costos del Proyecto.
  - d) Supervisar y/o ejecutar los posibles ajustes a los diseños originales, que puedan ser necesarios como resultado de variaciones apreciables en las condiciones de sitio, respecto de las condiciones iniciales de diseño.
  - e) Velar por el mantenimiento de las relaciones entre los diferentes participantes involucrados en la obra, y por el mantenimiento de un nivel adecuado de seguridad industrial durante el proceso constructivo.
- La Supervisión Técnica de Construcción debe constatar la validez de los estudios previos realizados en la zona donde se deben construir las obras, de modo que los supuestos de diseño correspondan adecuadamente con las condiciones reales del sitio. Si los estudios realizados tienen una anterioridad superior a cinco (5) años, este aspecto es particularmente importante si pudieron existir variaciones producto de cambios en la topografía, condiciones geológicas y geotécnicas, hidráulicas y/o hidrológicas. En caso de ser necesario, el interventor debe solicitar la actualización de dichos estudios.
  - El Supervisor Técnico de Construcción debe velar en todo momento por el cumplimiento por parte del contratista, de todos los aspectos relacionados con el diseño en términos de una adecuada materialización en obra de la información contenida en los planos. Esta función debe incluir:
    - \* Localización: El puente y obra vial debe localizarse adecuadamente mediante controles topográficos, tanto planimétricos como altimétricos. La localización debe corresponder exactamente al proyecto de la vía, excepto que se requieran variaciones por efecto de las condiciones del sitio.
    - \* Fundación y subestructura: las dimensiones, costos y materiales de fundación corresponden adecuadamente con el proyecto. La no correspondencia del material de fundación especificado en los estudios y diseños con el encontrado en el sitio obliga al interventor a solicitar o realizar ajustes en los diseños. Los procedimientos constructivos deben ajustarse a las especificaciones Técnicas de Construcción.
    - \* Superestructura: Las dimensiones, costos y materiales componentes de la superestructura deberán corresponder adecuadamente con el proyecto. Los procedimientos constructivos deben ajustarse a las Especificaciones Técnicas de Construcción.
  - Todo ajuste a los diseños que pueda requerirse por efecto de variaciones entre las suposiciones de cálculo y las condiciones reales del sitio, o por variaciones en las condiciones del

sitio debidas a causas no imputables al diseño o a los estudios, debe ser puesto en consideración del diseñador original, quien debe analizar la capacidad de la estructura diseñada para adaptarse a las modificaciones al diseño inicial, y debe hacer las variaciones necesarias al diseño, de modo que la estructura ajustada opere en condiciones de seguridad equivalentes.

Alternativamente, los ajustes, al diseño pueden ser realizados por el Supervisor técnico u otro profesional competente, haciéndose éste responsable de las modificaciones sobre comportamiento estructural de conjunto que pueda sufrir la estructura original, por efecto de las modificaciones introducidas. En cualquier caso, la estructura modificada debe tener un nivel de seguridad al menos similar al de la estructura original.

- El Supervisor Técnico de Construcción debe velar en todo momento por el cumplimiento por parte del contratista, de todos los aspectos relacionados con las especificaciones técnicas de construcción y cualesquiera otras especificaciones particulares de la obra. Dicho control debe extenderse a las siguientes partes de la obra.

- Movimientos de tierra
- Cimentaciones
- Obras de concreto, acero de refuerzo y acero de preesfuerzo
- Estructuras de acero
- Apoyos
- Barandas y otros elementos
- Conductos enterrados y tierra armada

- El Supervisor Técnico de Construcción es el encargado de regular la buena marcha de las relaciones entre los diferentes contratistas y subcontratistas que intervengan en la obra, de modo que su trabajo se realice de acuerdo con los programas de construcción, y debe regir también las relaciones con el propietario. Para tal fin debe organizar las reuniones de obra que sean necesarias. De dichas reuniones se deben levantar actas, que debe contener los aspectos fundamentales tratados, las posibles divergencias y los acuerdos, y las acciones a seguir para una adecuada marcha de la obra.

- El Supervisor Técnico de Construcción debe velar en todo momento por la seguridad industrial derivada de la ejecución de todas las labores de construcción de puentes y otras obras viales asimilables. Para tal fin debe aprobar y verificar el cumplimiento del plan de seguridad industrial que los diferentes contratistas presenten como parte de su plan de trabajo. Este plan debe incluir una relación de procedimientos de ejecución de las obras, de equipos y dotaciones de debe analizar el personal involucrado en las diferentes labores de construcción, las señalizaciones y demás normas preventivas, los procedimientos a seguir en caso de ocurrencia de accidentes, y cualquier otro aspecto de importancia para el mantenimiento de un nivel máximo de seguridad industrial.



- El Interventor debe realizar un acta final de obra, que debe incluir la siguiente información mínima:
  - Certificado de aceptación definitiva de la obra
  - Constancia de paz y salvo por elementos devolutivos
  - Notificación de terminación del contrato
  - Declaración de paz y salvo y exoneración por parte del contratista
  - Garantías y otros elementos contractuales
  
- Una vez concluidos los trabajos de construcción, y antes de la aceptación final de la obra, el contratista bajo el control del supervisor Técnico de Construcción, debe realizar la prueba de carga del puente y obra vial, siguiendo el instructivo específico que se preparará para tal fin. La realización de la prueba de carga es requisito necesario para la aceptación definitiva de la obra.

### 3. CONCLUSIONES

Hoy Colombia cuenta con un Código de diseño sísmico de Puentes, el cual no corresponde a la norma LRFD Colombiana, pero sí constituye un punto de partida importante para su desarrollo, el progreso de la Ingeniería Nacional y la protección de patrimonio vial del país, por ello resulta de vital importancia la aplicación y cumplimiento del mismo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes - 1995, adendo No. 1 noviembre 1996
- Ministerio de Transporte, Resolución 3600 del 20 de junio de 1996
- Ministerio de Transporte, Resolución 8915 del 30 de diciembre de 1996