

ESTUDIO DE LAS CAUSAS DEL COLAPSO DE ALGUNOS PUENTES EN COLOMBIA

Edgar E. Muñoz Díaz

Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana

Resumen: El presente artículo es una evaluación de las causas del colapso de los puentes en Colombia, basada en el estudio de sesenta y tres (63) casos reales de fallas registradas desde el año 1986. Mediante el análisis de cada uno de los casos se identificaron las causas principales que han generado el colapso total o parcial de las estructuras de los puentes, haciendo una descripción y evaluación de cada una. Por último se presentan algunas estadísticas que permiten entender mejor el problema y se proponen algunas recomendaciones para la solución del mismo.

1 INTRODUCCION

Son diversos los casos de colapsos y fallas de puentes vehiculares y peatonales en Colombia; este problema debe ser objeto de reflexión y análisis por parte de la Ingeniería Nacional para determinar sus causas y posibles soluciones. Los efectos negativos desde el punto de vista económico, social y político que produce la caída de un puente son enormes y deben preocupar tanto a las entidades públicas y privadas responsables de la administración como a los ingenieros que los diseñan y construyen.

Como una primera aproximación para la evaluación del problema, se elaboró un inventario de las estructuras que han colapsado en Colombia desde el año 1986 (La

mayor parte de este inventario fue suministrada por el Grupo de puentes del Instituto Nacional de Vías), con sus respectivos antecedentes y causas. La tabla 1 presenta los sesenta y tres (63) casos de estructuras caídas desde dicho año. Los antecedentes y las causas de los colapsos de algunos de los puentes están consignados en estudios elaborados por Universidades y Empresas consultoras; sin embargo de algunos no se tiene una investigación que precise mediante un análisis detallado las razones de la falla. Para estos últimos se hizo una evaluación aproximada de las causas de la falla con base en los antecedentes, comentarios de los funcionarios que los administraron y en información divulgada públicamente. Los puentes pueden caerse por diversas razones; de la muestra estadística de los puentes colapsados que se registran en la Tabla 1 se identificaron siete (7) causas principales que se presentan en la Tabla 2. El **36%** de los casos estudiados corresponde a puentes de acero que fallaron generalmente por deficiencias estructurales, mientras el **64%** restante corresponde a puentes de concreto que colapsaron en su mayoría por socavación y atentados terroristas.

De acuerdo con los antecedentes y los resultados de los estudios de colapso de cada puente, se clasificaron en cada una de las categorías de falla (Véase tabla 2) y se elaboraron algunas estadísticas incluyendo los puentes colapsados por atentados terroristas y sin atentados (Véase figura 1).

Tabla 1. Inventario de puentes colapsados(desde 1986 hasta el 2001).

N	Fecha del colapso	Nombre del puente	Causa del colapso	N	Fecha del colapso	Nombre del puente	Causa del colapso
1	1986	Cobaria	Socavación	32	1997	La Granja	Atentados terroristas
2	04/05/1993	El Limón	Fallo catastrófico	33	1997	La Conguta	Atentados terroristas
3	03/10/1993	Samaná	Deficiencias estructurales	34	1997		Atentados terroristas
4	16/06/1994	El Secreto	Socavación	35	1997	Villartega	Atentados terroristas
5	26/05/1994	Guillermo León Valencia	Socavación	36	02/10/1997	Maizaro	Deficiencias construcción
6	27/05/1994	Barranca de Upia	Socavación	37	97	Matanzas	Fallo catastrófico
7	06/06/1994	Los Angeles	Deficiencias estructurales	38	15/04/1998	Recio	Deficiencias estructurales
8	jul-94	Río Casanare	Socavación	39	04/10/1998	Apure	Sobrecarga e impacto
9	jul-94	Río Carare	Socavación	40	02/12/1998	Viao	Atentados terroristas
10	29/11/1994	Río Pató	Socavación	41	01/11/1999	La Gomez	Socavación
11	11/11/1994	San Luis	Socavación	42	12/04/1999	Tasido	Atentados terroristas
12	01/06/1994	Avirama	Fallo catastrófico	43	16/09/1999	Argelino Duran Quintero	Sobrecarga e impacto
13	02/06/1994	Itaibe	Fallo catastrófico	44	1999	Peatonal autopista norte con 122.	Deficiencias estructurales
14	03/06/1994	Juntas	Fallo catastrófico	45	1999	Peatonal calle 26 con avenida 68.	Deficiencias construcción
15	04/06/1994	Naranjal	Fallo catastrófico	46	abr-00	El Caminito	Atentados terroristas
16	05/06/1994	Nolasco	Fallo catastrófico	47	abr-00	Costa Rica	Atentados terroristas
17	06/06/1994	Moras	Fallo catastrófico	48	21/03/2000	Cubugón	Atentados terroristas
18	07/06/1994	Cohentando	Fallo catastrófico	49	10/04/2000	La Honda	Atentados terroristas
19	08/06/1994	Ricaurte	Fallo catastrófico	50	20/05/2000	Pontón Cuchuca	Atentados terroristas
20	09/06/1994	Simbola	Fallo catastrófico	51	09/07/2000	Pontón	Atentados terroristas
21	10/06/1994	Capri	Fallo catastrófico	52	12/06/2000	Colorado	Atentados terroristas
22	11/06/1994	La Troja	Fallo catastrófico	53	15/09/2000	Pontón Tolima	Atentados terroristas
23	12/06/1994	El Guajiro	Socavación	54	10/02/20001	Río Negro	Atentados terroristas
24	13/06/1994	Itaibe	Fallo catastrófico	55	ago-00	Penjamo	Atentados terroristas
25	14/06/1994	Nolasco	Fallo catastrófico	56	2000	Tobia-Grande Puerto Salgar	Deficiencias construcción
26	20/06/1995	Heredia	Deficiencias estructurales	57	01/07/2000	Guaduas-Cabezas	Socavación
27	07/01/1996	Pescadero	Deficiencias estructurales	58	09-200	Tobasia	Socavación
28	18/01/1996	Purnio	Falta de mantenimiento	59	nov-00	Molino Viejo	Atentados terroristas
29	ago-96	Río Sevilla	Sobrecarga e impacto	60	2000	Unete	Socavación
30	abr-96	Sabandija	Socavación	61	feb-01	El Mango	Atentados terroristas
31	19/11/1996	Jorge Gaitán Durán	Socavación	62	feb-01	Paso a desnivel	Atentados terroristas
				63	feb-01	El Caminito	Atentados terroristas

Fuente: (Universidad Nacional,1997),(Universidad Nacional,1998),(Universidad Nacional,2000),(Sociedad Colombiana de Ingenieros,1994) e información suministrada por el INVIAS.

CAUSA PRINCIPAL	NÚMERO DE PUENTES	%
Deficiencia estructural y de diseño.	6	10%
Socavación	15	24%
Sobrecarga e impacto	3	5%
Atentados terroristas	20	32%
Avalancha, creciente, etc.	15	24%
Falta de mantenimiento	1	2%
Deficiencias en la construcción e interventoría.	3	5%
Total	63	

Tabla 2. Causas principales de colapso de puentes en Colombia.

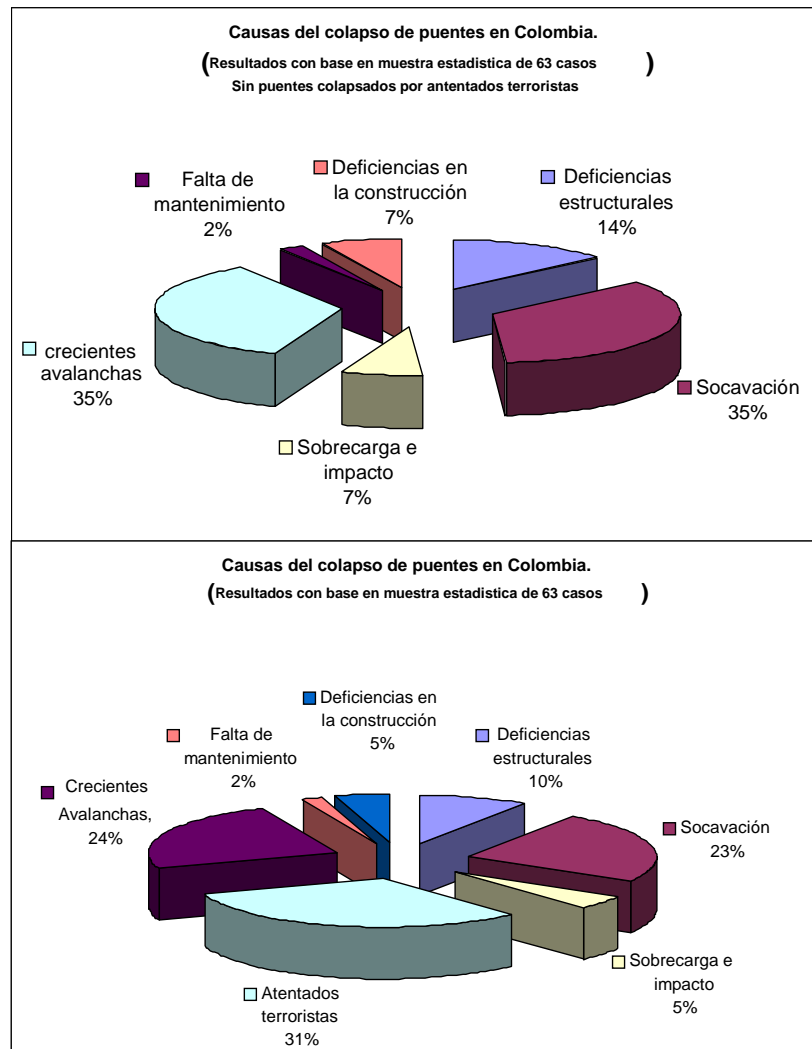


Figura 1. Estadísticas de las causas de falla de puentes en Colombia.
Sin puentes colapsados por atentado terrorista (a) Con puentes colapsados por atentado terrorista.

2 CAUSAS DEL COLAPSO DE LOS PUENTES

2.1 Deficiencias estructurales y de diseño

Al analizar los casos de colapsos se encuentra un porcentaje importante de fallas por deficiencias en el diseño estructural, sobretodo en puentes de estructura metálica (**14%** sin incluir los puentes colapsados por atentados terroristas). De los estudios elaborados por la Universidad Nacional de Colombia- sede Bogotá, contratados por el INVIAS y otras entidades para determinar las causas de las fallas de algunos puentes metálicos y de concreto (Samaná-1993, Los Angeles-1994, Heredia-1995, Pescadero-1996, Purnio-1996, Maizaro-1997, Recio-1998), se pueden identificar las siguientes deficiencias estructurales típicas:

- En puentes de arco en acero, los elementos principales de arco no cumplen con relaciones ancho espesor (pandeo local) y presentan esfuerzos actuantes mayores a los permitidos.
- Presentan elementos de arco diseñados solamente a compresión y no revisados para efectos combinados de flexión biaxial más compresión.
- Modelos estructurales incompletos que no contemplan todas las características mínimas para un adecuado análisis y diseño. En el caso de puentes con arcos es importante un modelo tridimensional que tenga en cuenta la flexión fuera del plano que puede ser del mismo orden de la flexión en el plano; muchos puentes de arco construidos en Colombia fueron diseñados con modelos planos.
- Selección errónea del factor de longitud efectiva (K) para la evaluación del pandeo general de la parte inicial de los elementos de un arco.

- Puentes de armadura en acero sin una evaluación adecuada de la estabilidad lateral.
- Deficiencia de análisis y diseño de las uniones en puentes metálicos. Igualmente, el diseño de refuerzos de los elementos de puentes metálicos existentes no tienen en cuenta las uniones.
- Diseños estructurales de puentes en acero, sin tener en cuenta consideraciones de fatiga para los elementos y las uniones.
- Por falta de mantenimiento preventivo de puentes de acero, se presentan fenómenos de corrosión que afectan la capacidad de la estructura.
- Soldaduras sin un adecuado diseño y con deficiencias desde la fabricación por falta de controles de calidad.

En el País hay un atraso en el desarrollo tecnológico, acompañado de una deficiencia en la formación de los ingenieros, diseñadores, calculistas y constructores, los cuales tienden a no revisar detalles (uniones, fatiga, etc.) y no aplicar adecuadamente las normas vigentes [Castaño y Correal, 1997]. La solución a estas deficiencias es responsabilidad de las facultades de ingeniería y más de aquellas que ofrecen posgrados en estructuras donde debe existir investigación e innovación en el tema. Una deficiencia importante que debe preocupar a las entidades públicas responsables de la administración, es la forma como los ingenieros revisan actualmente la capacidad de carga de los puentes, ya que utilizan las mismas especificaciones y cargas de diseño de los Códigos para la revisión, por la carencia de una metodología de evaluación de puentes existentes. En Europa se usan técnicas de confiabilidad estructural, que

permiten determinar la probabilidad de falla de la estructura, mediante un análisis probabilístico de la demanda y la capacidad [Sobrino, 1997]. El Estado, con ayuda de las Facultades de Ingeniería, tiene la responsabilidad de financiar y patrocinar investigaciones orientadas a desarrollar estas metodologías de evaluación, con el objeto de exigir a los ingenieros análisis más detallados y de mayor confiabilidad.



(c) Puente Los Angeles



(a) Puente Pescadero – Vista de frente



(b) Puente Pescadero – Vista de perfil



(d) Puente Pedro Heredia (Cartagena)



Figura 2. Ejemplos de puentes colapsados por deficiencias estructurales

Otro inconveniente en el proceso de revisión de un puente, es la falta de información existente de la estructura, ya que las entidades públicas no han logrado conservar los diferentes documentos necesarios para un adecuado estudio. Esto hace que se tenga que recurrir a ensayos destructivos y no destructivos a fin de recabar parte de la información necesaria para la evaluación estructural, pero que generalmente no logra ser la que se tendría con las memorias de cálculo, los planos de diseño, informes de la interventoría, registros de tensionamiento, planos definitivos de construcción, etc. La figura 2 muestra un ejemplos de puentes colapsados por deficiencias estructurales y de diseño.

2.2 Socavación

El 35% de los puentes estudiados (sin contabilizar los colapsados por atentados terroristas) fallaron por socavación de la cimentación de sus estribos y/o pilas, lo cual sucede sobre todo en puentes construidos hace más de veinte (20) años, donde el criterio fundamental de diseño de la cimentación obedecía más a la capacidad portante y no ha los fenómenos de socavación probables. La figura 3 muestra casos de puentes colapsados por socavación. Los cauces producen socavación general que consiste en el descenso del fondo de un río cuando se presenta una creciente, debido al transporte de partículas en suspensión. Este efecto depende de diferentes variables tales como el caudal, la velocidad, el tipo y las condiciones del lecho, el ancho y la profundidad del cauce, entre otras. Además, se presenta una socavación local que consiste en el descenso del fondo del cauce al pie de una estructura que es rodeada por la corriente, y depende de todos los factores antes mencionados incluyendo la forma y las dimensiones de la estructura y su orientación en relación con la corriente principal

[García, 1992]. Los puentes que han fallado por este fenómeno generalmente no tuvieron en su etapa de diseño un estudio hidráulico, por lo que se elaboró el diseño de su cimentación sin contemplar las profundidades de socavación probables de acuerdo con las características del cauce y de la cuenca. En Colombia muchos puentes fueron construidos sin ningún estudio hidrológico, hidráulico y de socavación; por tanto, su sitio de ponteadero fue seleccionado más por el criterio del diseño geométrico de la vía que por una evaluación técnica sobre las características y condiciones del cauce.



(a) Puente Sabandija (Tolima)



(b) Puente Jorge Gaitán Durán (Cúcuta)



(c) Falla de estribo del Puente Unete (Casanare)

Figura 3. Ejemplos de puentes colapsados por socavación

Cuando existen problemas en el cauce por socavación, se recomienda realizar un estudio que determine las causas y las soluciones de los problemas de erosión y sedimentación que afectan al puente. En el documento “*Socavación y protección contra socavación*” del manual de Inspección Especial de SiPuCoL (INVIAS), se recomienda que dicho estudio contenga los siguientes aspectos mínimos (véase tabla 3):

ESTUDIO	CONTENIDO
Hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de la cuenca hidrográfica. Análisis de las precipitaciones y crecientes. Determinación del caudal de diseño
Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la velocidad media de la corriente y el caudal. Determinación de las líneas de corriente. Determinación de los sedimentos. Efecto de reducción en la sección hidráulica. Alineamiento de las pilas dentro del cauce. Obras de protección de cauces
Geológicos o Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> Toma de información secundaria y de campo. Evaluación de la estabilidad de cauces Aplicación de la fotografía aérea al estudio morfológico de los ríos
Topográficos	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación de toda la información existente Reconocimiento de campo Levantamiento topográfico
Estudios geotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento de campo Exploración esquemática del sitio de ponteadero Realización de sondeos, perforaciones y apiques Ensayos de laboratorio Elección del tipo de cimentación

Tabla 3. Estudios para evaluar Socavación
(Fuente: Manual de Inspección Especial de SiPuCoL del INVIAS)

Entre los daños por socavación que pueden afectar la infraestructura de los puentes hasta producir el desplome se pueden enumerar los siguientes casos:

- Socavación general, por contracción, local y en las curvas.
- Asentamiento de pilas y estribos.

- Estructuras hidráulicas dañadas y mal localizadas en el cauce produciendo obstrucción y aumento de la socavación local.
- Obstrucciones en el cauce (Véase figura 4 (b) y (c)).
- Pilotes descubiertos por socavación y vulnerables para cargas horizontales.
- Puentes de luz insuficiente para el área hidráulica del cauce.
- Sedimentación e insuficiente gálibo.

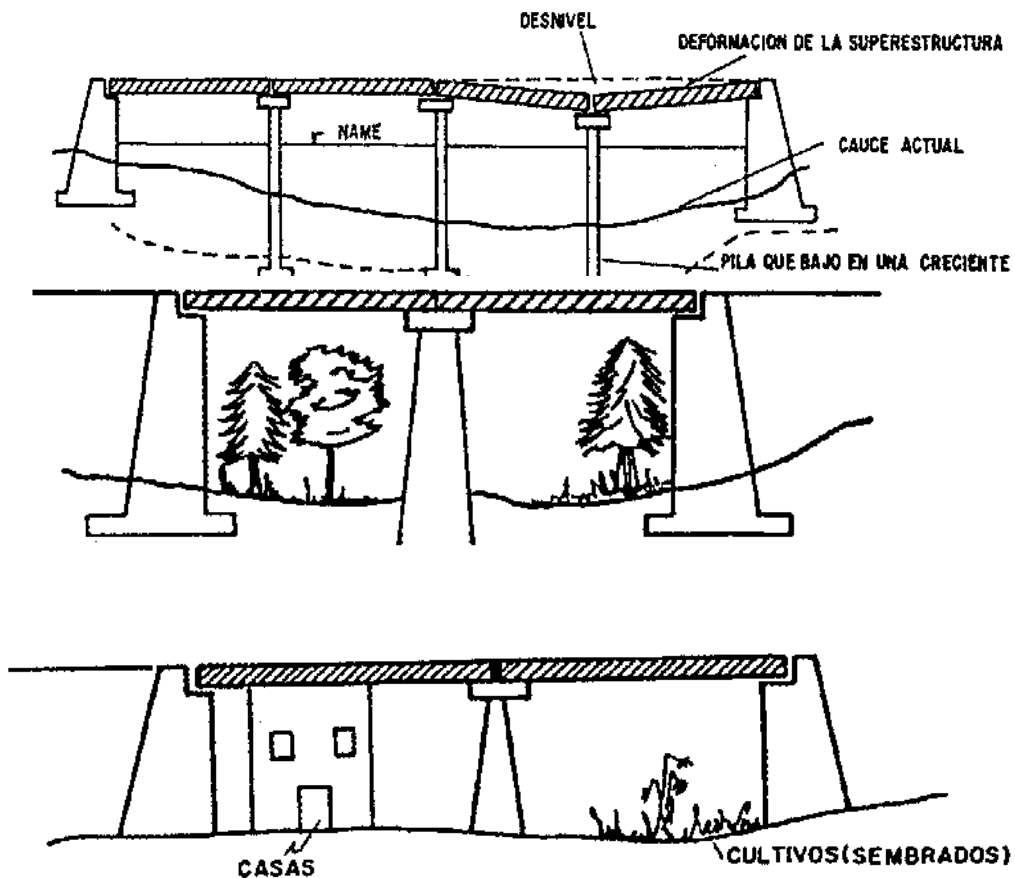


Figura 4. (a) Asentamiento por socavación en pilas, (b) y (c) Obstrucción del cauce.
 (Fuente: Manual de inspección especial del INVIAS)

Aparte de lo anterior, los ingenieros Hidráulicos Colombianos utilizan fórmulas o ecuaciones empíricas desarrolladas en otros países para calcular la socavación local y general; las cuales no han sido adaptadas ni comprobadas específicamente para los ríos de Colombia y sus resultados se utilizan en forma indiscriminada y peligrosa. Además en nuestro medio no existe una investigación de acuerdo con las necesidades del país sobre el tema, con la cual se pueda abordar y solucionar el problema con mayor criterio y seguridad.

2.3 Sobrecarga e impacto de vehículos

En Colombia, el gremio de transportadores no ha sido consciente ni responsable del daño que producen las sobrecargas sobre las estructuras de los puentes y de los pavimentos. Por esta razón INVIAS tiene en funcionamiento ocho (8) estaciones de control de peso fijas y tres (3) estaciones móviles localizadas en las principales carreteras de la Red Vial Nacional, con el objeto de controlar y sancionar los camiones sobrecargados. De acuerdo con la Subdirección de Conservación del INVIAS, aproximadamente del **10%** al **15%** de los vehículos pesados en estas estaciones presentan cargas mayores a los legales permitidas; esta situación se presenta especialmente en las mediciones efectuadas en las estaciones móviles.

En Colombia, las cargas de diseño han cambiado de acuerdo con la evolución de las Normas para puentes de los Estados Unidos (AASHTO) (Véase tabla 4) y no por los cambios de las cargas reales que han circulado por nuestras carreteras. El Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (1995) especifica el camión de diseño estándar C-40-95, el cual fue confirmado con algunas modificaciones por un estudio

denominado “*Definición de las cargas de diseño para puentes en Colombia*” realizado por la Universidad Nacional de Colombia; sin embargo, dicho estudio recomendó aumentar esta carga en un **15%** en los corredores carboneros (donde se hallaron cargas mayores a las legales permitidas), así como utilizar un tren alterno de cargas que consiste en dos (2) cargas concentradas de 11.0 toneladas cada una y espaciadas 1.20 metros (Universidad Nacional de Colombia, 1997). Sin embargo, esta recomendación del estudio no es conocida por todos los ingenieros, por lo que es necesario que se tenga en cuenta en los nuevos diseños. Por otro lado, se han presentado casos de colapsos por impactos fuertes sobre puentes de estructura metálica y sobre elementos importantes desde el punto de vista estructural y de estabilidad, como son por ejemplo el cordón superior de un puente de armadura de paso a través. Algunos puentes de paso superior son impactados por los vehículos, ya que los camiones tienen una altura mayor al gálibo superior máximo de la estructura. La figura 5 presenta el ejemplo de un puente colapsado por sobrecarga e impacto.



a). Argelino Durán Quintero (después del colapso)

b). Argelino Durán Quintero (antes del colapso)

Figura 5. Ejemplo de puente colapsados por sobrecarga e impacto.

Denominación de la carga	Años de aplicación	Código / Entidad
HS-15-44	Hasta 1950	AASHTO
H-20-44	1951-1962	AASHTO
HS-20-44	1963-1988	AASHTO
3S2	1989-1995	MOPT
C40-95 y C32-95	1995 – Hasta la fecha	CCDSP

Tabla 4. Evolución de las cargas de diseño en Colombia.

En la figura 6 se presenta el número de puentes colapsados en cada año, donde se observa claramente que el mayor número de fallas se presentó en el año 1995, momento que coincide con el aumento de las cargas de camiones por causa de la apertura económica del país, lo que demuestra la incidencia de estas sobrecargas sobre la estabilidad y durabilidad de los puentes.

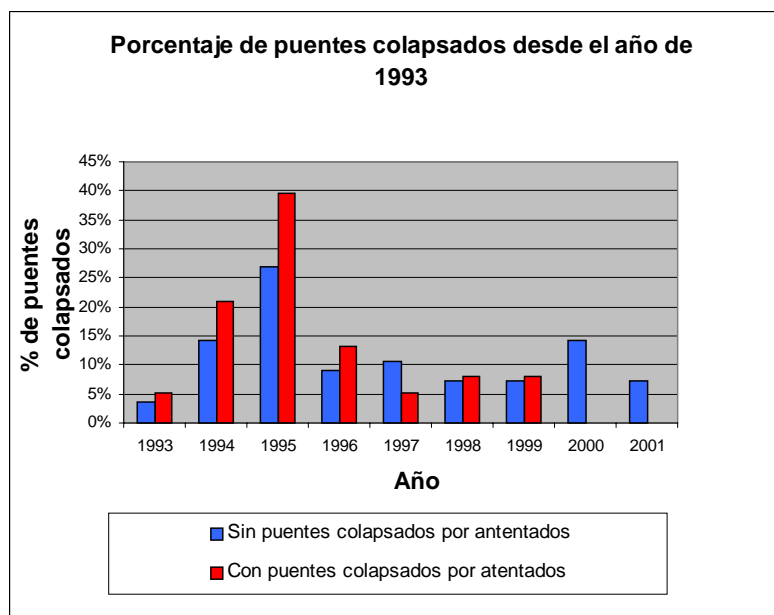


Figura 6. Variación de la falla de puentes desde el año de 1993 en Colombia.

2.4 Crecientes extraordinarias y/o avalanchas

Algunas estructuras de puentes han fallado por avalanchas y crecientes extraordinarias; el caso más importante de este tipo de falla en Colombia es la avalancha del río Páez, que causó el colapso de trece (13) puentes localizados en los Departamentos del Cauca y Huila. En cada época invernal en el país se presentan fallas totales y parciales de los puentes y en algunos casos de sus terraplenes de acceso.

2.5 Falta de mantenimiento e inspección

Un buen programa de mantenimiento que incluya inspecciones rutinarias permit conocer el estado general del puente permanentemente e identificar en algunos casos problemas estructurales potenciales que en un futuro pueden producir el colapso de la estructura. Es el caso de los puentes metálicos donde es indispensable realizar labores de limpieza y pintura de los elementos de acero y uniones en forma rutinaria, con el objeto de controlar fenómenos de corrosión que peligrosamente pueden disminuir su capacidad estructural. Las entidades responsables deben adoptar algún sistema de gestión o de administración de puentes que esté en constante actualización y que en forma sistemática debe priorizar las labores de inspección, mantenimiento rutinario y rehabilitación de puentes. El Instituto Nacional de Vías ha fortalecido la gestión en el tema de puentes mediante el Sistema de Administración de Puentes de Colombia (SiPuCol), conformado por diversos módulos tales como: inventario, inspección principal, inspección especial, mantenimiento rutinario y capacidad de carga, entre los más importantes.

2.6 Fallas en la construcción y en la interventoría

Algunos de los puentes estudiados han fallado durante el proceso constructivo, debido principalmente a que no se hace un diseño y planeación adecuado del sistema que se va a utilizar en la construcción; este es el caso de los puentes Los Angeles y Maizaro (véase figura 7). Se debe dar especial atención a la calidad del proceso constructivo en todas sus etapas y los interventores deben cumplir cabalmente sus funciones de supervisar y asesorar la correcta ejecución de la obra.



Figura 7. Etapas de la falla del puente Maizaro, en el proceso de construcción.

En lo posible la entidad contratante debería tener una interventoría técnica tanto en la etapa de diseño como en la construcción, como lo recomienda el Código Colombiano

de Diseño Sísmico de Puentes. Existen deficiencias generalmente en la interventoría para la construcción y diseño de los puentes, ya que los profesionales asignados a esta labor, no tienen la experiencia suficiente para controlar y detectar errores y fallas en los procesos constructivos, que en muchos casos terminan en colapso.

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sin tener en cuenta los colapsos por atentados terroristas, la mayor causa de falla de puentes en Colombia (**35%**), es por efectos de socavación de la cimentación de las pilas y/o estribos, por lo que se requiere de parte de las entidades administradoras de la infraestructura vial, realizar una evaluación general del efecto de la socavación de las estructuras más importantes localizados en los ríos con mayores caudales y posibilidades de socavación. Además estas entidades deben exigir a las empresas consultoras encargadas del diseño, realizar estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación detallados y técnicamente sustentados, que tengan como mínimo los aspectos recomendados por el INVIAS. Las empresas públicas son responsables de la continuidad y el mejoramiento de los programas de mantenimiento de puentes, como una forma de controlar y solucionar el problema. En Colombia estos programas de mantenimiento o políticas de gestión de los puentes no tienen la continuidad ni el apoyo económico permanente para que sean eficientes en la solución definitiva del problema. En algunos casos tiene que fallar un puente para que se destinen recursos para el mantenimiento y la rehabilitación. Las Entidades que se encargan de contratar las empresas para el diseño, la interventoría y la construcción de los puentes, deben buscar mecanismos de selección óptimos, de tal forma que sean los de mayor experiencia en el tema y de ninguna manera escoger por el criterio del que licite con el

menor precio. Para ello las entidades públicas y privadas deben tener un grupo de profesionales ingenieros especializados que elaboren bases de contratación exigentes en la parte técnica y que además supervisen a las empresas responsables desde la etapa de diseño hasta la construcción del proyecto. En Colombia la mayor parte de la carga pesada se transporta por vía terrestre, ya que desafortunadamente para los puentes y pavimentos se acabó el sistema de transporte por tren, el cual en muchos países desarrollados es la principal forma de transporte de esta carga. Ante este panorama se debe reglamentar un sistema eficiente de control de pesos de los vehículos de carga para evitar sobrecargas que pueden generar el colapso de los puentes. La ingeniería nacional tiene un atraso tecnológico en el tema de puentes, por lo que las facultades de Ingeniería y los Institutos relacionados con el tema, deben en forma urgente, investigar y profundizar en las siguientes áreas de acuerdo con las deficiencias encontradas en los puentes estudiados en este documento:

- Metodología de evaluación estructural de puentes existentes mediante técnicas de confiabilidad estructural. En esta área se está trabajando en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Javeriana, mediante un proyecto de investigación. (Edgar Muñoz, 2003).
- Metodología de inspección visual y especial de puentes en acero.
- Diseño estructural de puentes en acero incluyendo la evaluación detallada del fenómeno de fatiga.
- Diseño y ejecución de pruebas de carga.
- Revisión de las cargas de diseño para puentes nuevos. Establecer las cargas para la revisión de puentes existentes en Colombia.

- Complemento y optimización de los sistemas de administración o de gestión de puentes para Colombia. Estudios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de puentes.
- Metodología y avances científicos para el análisis de la socavación general y local de las cimentaciones de los estribos y pilas de los puentes.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a Luz Marina Trujillo, coordinadora del Grupo de puentes del Instituto Nacional de Vías de Colombia y la ingeniera Indira León, quien contribuyó en la revisión y corrección del inventario.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Castaño, Beatriz E. , Correal Diego, “*Puentes en Colombia*”, Revista Notas Gerenciales la Pontificia Universidad Javeriana.
- García López, M. *Estudio y Solución de fallas de la infraestructura de puentes*, Curso de Patología de estructuras, Asociación de Ingenieros Civiles de la Universidad Nacional de Colombia, 1992.
- Muñoz Edgar, Obregón Nelson y Prieto, Jorge Alonso. Proyecto de investigación “Implementación y desarrollo de una metodología para la evaluación estructural de puentes existentes utilizando confiabilidad estructural a través del método de Montecarlo y elementos finitos”, Pontificia Universidad Javeriana, 2003.

- Muñoz Edgar; Obregón Nelson; Daza Rubén. Técnicas de fiabilidad estructural para la evaluación de puentes existentes, mediante la simulación numérica del método de Montecarlo y modelos en elementos finitos. IV Congreso Colombiano de Elementos Finitos y Modelamiento Numérico, Mayo del 2002.
- Salazar Felipe y Daza Rubén Darío. Director Edgar Eduardo Muñoz. Metodología de la Evaluación de Puentes Metálicos por Técnicas de Fiabilidad Estructural. Pontificia Universidad Javeriana, Tomo 1, Bogotá D.C., 2001. 193p
- Sociedad Colombiana de Ingenieros, “Investigación sobre las posibles causas del colapso del puente Los Ángeles”, 1994.
- Sobrino, Juan A., “Técnicas de evaluación de puentes existentes mediante criterios de fiabilidad estructural. Aplicación a un puente de hormigón armado”, Rutas Técnicas.
- Universidad Nacional de Colombia, “*Definición de la carga de diseño para puentes en Colombia*”, Instituto Nacional de Vías, mayo de 1997
- Universidad Nacional de Colombia, “*Causas del Colapso del puente Argelino Durán Quintero – Vía Garzón – RíoLoro - Neiva*”, Instituto Nacional de Vías, marzo de 2000.
- Universidad Nacional de Colombia, “*Causas del Colapso del puente Recio*”, Instituto Nacional de Vías, Junio de 1998.
- Uribe Escamilla, Jairo, “Comentarios sobre los informes referentes al colapso del puente Pescadero”, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Abril 23 de 1996.