

LA INGENIERÍA Y LA SOCIEDAD - LECCIONES A EXTRAER DEL COLAPSO DE UN PUENTE¹

Ing. TOMÁS A. DEL CARRIL
Académico de Número

Se realizó esta presentación luego de la Sesión Plenaria del día 6 de agosto, a raíz del colapso del puente de la carretera I-35 en Minnesota, ocurrido en agosto del presente y con el objeto de comentar en el seno de la ANI algunos aspectos relacionados con la disminuida consideración en que tienen la profesión, incluso en uno de los países más avanzados del mundo.

Las noticias del colapso de un importante puente, ya sea por el intenso tránsito que lo utilizaba como por la ciudad y el país donde se encontraba, ha impactado a la comunidad mundial en los últimos tiempos. El colapso del puente de la carretera I-35 en Minnesota, con altísimo tránsito y ubicado en un país que es líder en la ingeniería a nivel mundial, tuvo una amplia difusión en todos los medios a través de imágenes del colapso tomadas en el mismo instante en que se producía, capturadas por una cámara de una instalación de seguridad ubicada en las cercanías del puente.

El puente cuya estructura estaba formada por vigas metálicas reticuladas, estaba construido y en servicio desde hace más de treinta años. Si bien puede considerarse que pudo haber errores de diseño, lo razonable es suponer, hasta tanto no se hayan concluido los estudios e informes correspondientes, que la causa problema principal puede haber sido el deficiente mantenimiento o el hecho de no haber prestado atención a deterioros manifiestos en el caso en que éstos hubieran sido observados.

Ante este tipo de acontecimientos, los ingenieros quedamos expuestos a un sinnúmero de preguntas y consideraciones por parte del común de la gente que, solamente cuando se produce un accidente espectacular, recuerda que somos los ingenieros quienes diseñamos y construimos esas obras. Cuando nuestros

¹ Resumen de la conferencia pronunciada en la Sesión Plenaria Ordinaria del 6 de agosto de 2007.

proyectos son exitosos (se construyen en el plazo previsto, se respeta el presupuesto original y la obra cumple su función acabadamente) nadie se detiene a pensar en el trabajo de Ingeniería que hay detrás de cada proyecto.

Esta es una característica del ejercicio de nuestra profesión en la actualidad. La sociedad no toma conciencia de la importancia de realizar las obras sobre la base de una buena Ingeniería, hasta que no se produce un accidente. Producido éste, los ingenieros somos demonizados por una sociedad que no alcanza a entender, ni siquiera medianamente, la cantidad de elementos que concurren para la producción de una falla y que, muchas de ellas, no dependen del accionar de los ingenieros.

La profesión obtiene muchas enseñanzas de cada resonante falla y la sociedad debería obtenerlas también.

Analicemos brevemente el colapso del puente de la carretera I-35 en Minnesota que, por múltiples razones, tanto impresionó a la gente. Muchas preguntas se nos han formulado a los ingenieros, particularmente a los que estamos en el tema, en esos días: ¿por qué colapsó el puente? Y ¿cómo puede ser que ocurra esto en Estados Unidos? ¿Puede pasar en cualquier momento en otro puente? ¿Puede pasar en nuestro país? ¿Se controla el estado de los puentes? ¿Se realizan trabajos de mantenimiento en los puentes? ¿No se pueden prever estas catástrofes?

Las respuestas a todas estas preguntas no son sencillas ni rápidas. Las causas de este colapso sólo se conocerán luego de que grupos de especialistas realicen largos estudios sobre el proyecto, la construcción, los trabajos de mantenimiento y readaptación que pudieran haberse realizado, los informes de las inspecciones que se hayan efectuado anteriormente, el análisis de los elementos de la estructura tal como quedó luego del colapso, estudios de laboratorio, ensayos de materiales, etc.

Sin embargo, los ingenieros especialistas en estructuras sabemos que este tipo de colapsos se deben a una conjunción de causas, relacionadas con la estructura, que han ido acumulándose hasta llegar al instante en que el desastre se desencadena por alguna de aquellas causas y, en el caso de un colapso total, la estructura supera el umbral de seguridad con la cual había sido diseñada y construida.

Quienes habitualmente estudiamos, investigamos, diseñamos y construimos puentes, estamos en condiciones de dar una explicación un poco más autorizada sobre el tema y llevar algo de luz a la impresión que se forman los usuarios que no conocen del tema.

Son muchos los puentes que han colapsado total o parcialmente a lo largo de la historia y en todo el mundo y, aunque lógicamente, el progreso de la técnica ha reducido la cantidad de accidentes, de todas maneras sabemos que siempre

existe una cierta probabilidad de falla en todas las estructuras. Los ingenieros nos esforzamos para que esa probabilidad sea lo más pequeña posible y la sociedad acepta nuestros criterios, sin entender la importancia que presentan.

La experiencia a nivel internacional ha determinado que las tres principales causas de falla de los grandes puentes son las siguientes: (1) acciones hidráulicas, (2) choques de embarcaciones y (3) falla frágil de un elemento vital de la estructura.

Dado que, en el colapso que nos ocupa, se descartan las dos primeras, profundizaremos un poco en el significado de la tercera.

Una sana Ingeniería Estructural debe reducir al máximo las probabilidades de ocurrencia de una *falla frágil*. Este tipo de falla, que se produce en forma repentina y sin manifestación previa, sin aviso (a través de fisuras, grietas o deformaciones), como se dice corrientemente, parece haber sido el caso del colapso del puente de la carretera I-35.

No tenemos datos precisos del puente colapsado, pero una estructura similar nos permitirá explicar este aspecto de la falla frágil de un elemento vital de la estructura.

En una oportunidad nos tocó inspeccionar un puente cuyo esquema estático se muestra en la Figura 1. Puede verse allí que se trata de una estructura isostática, construida con reticulados de acero. La falla de un elemento del reticulado es suficiente para desencadenar el colapso total de la obra.

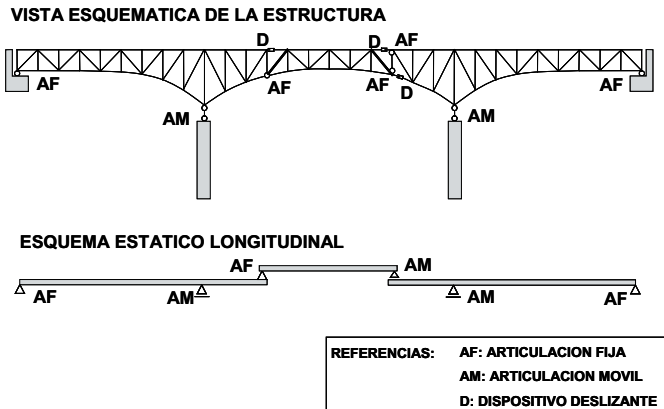


FIGURA 1

Es relativamente fácil, en casos como éste, evaluar el estado de las barras del reticulado, salvo el problema de la fatiga acumulada, que requiere estudios

especialmente complejos. Descartado el problema de fatiga, es necesario concentrarse en las uniones. También puede evaluarse el estado de las uniones fijas (todos los nudos del reticulado). Donde realmente se complica el problema, y es un verdadero compromiso dar una opinión sobre la seguridad de la estructura, es en lo que respecta al estado de las articulaciones y aparatos de apoyo. En efecto, en dichos dispositivos, es frecuente no poder acceder a inspeccionar el estado de pernos (habitualmente llamados “pines”) y de los ojos de las barras que rotan sobre dichos pines.

Una mínima corrosión superficial hace estragos en estos dispositivos: se clavan las articulaciones, se sobre esfuerzan los ojos de las barras, y se producen fisuras en pines y ojos y con ello se generan concentraciones de tensiones que las llevan a valores que sí se encuentran claramente por sobre el **límite de fatiga**. Esto lleva a una rotura repentina (falla frágil) de pines u ojos de la estructura y con ello el colapso total sin aviso.

La Figura 2 muestra esquemáticamente el problema descrito.

DETALLE DE LAS ARTICULACIONES CON PERNO Y OJO

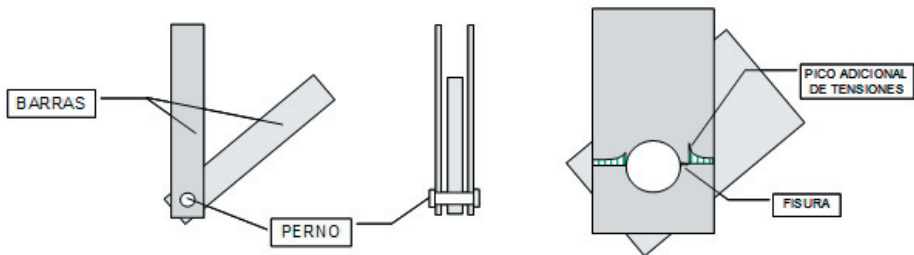


FIGURA 2

Ocurre con frecuencia que la pieza dañada no es accesible para ser inspeccionada ni mucho menos para ser reparada, con lo cual se está ante la presencia “probable” pero no “verificable” de un daño que puede convertirse en catástrofe sin previo aviso.

Unas fotografías de un puente similar (Figuras 3 y 4) muestran cómo la falla de un elemento casi insignificante por su costo, como lo es una junta estanca o un drenaje de la calzada, genera las condiciones para que se desarrolle la corrosión, precisamente en una de estas vitales articulaciones, imposibles de inspeccionar para observar sus deterioros, a menos que se recurra a equipos especiales de ultrasonido.



FIGURAS 3 Y 4

Sin poder asegurarlo, por lógica falta de conocimiento del caso específico, puede suponerse que el colapso del puente de la I-35 fue originado en un problema de este tipo.

Además de las mencionadas causas técnicas, interesa sobremanera en este caso analizar algunos elementos que pueden considerarse ajenos a la ingeniería, pero que han hecho su importantísimo aporte para la falla, al punto de poder afirmarse que el colapso pudo evitarse si se hubiese actuado a tiempo siguiendo las recomendaciones de los ingenieros y que no se debe responsabilizar exclusivamente a ellos por este accidente.

Comencemos por decir que en Estados Unidos existe, desde hace ya más de 20 años, un sistema informatizado que registra y almacena, en una base de datos, los resultados de un monitoreo permanente de la red de puentes. Esto es lo que se conoce como un Bridge Management System (Sistema de Gestión de Puentes). Con este sistema, la Federal Highway Administration tiene una radiografía actualizada y bastante precisa del estado de todos los puentes de la red federal, administra su mantenimiento y se obliga a realizar inspecciones periódicas de cada obra, con frecuencias que dependen del estado en que fueron encontradas en la última inspección (a lo sumo, dos años para puentes en buen estado).

Sobre el puente de la carretera I-35W existen informes, que se han difundido por Internet, que consideran al puente como “estructuralmente deficiente”, citando, en 1990, que hay “corrosión en sus apoyos”. En 2001, el departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Minnesota presentó otro informe diciendo que “También se manifiesta preocupación por la falta de redundancia del puente” (*estructura isostática*), en virtud de lo cual, el puente presenta un

alto riesgo de colapso total ante la falla de cualquier elemento individual de la estructura.

En 2005 el puente volvió a figurar en los registros con la clasificación de “estructuralmente deficiente” y se destaca su posible necesidad de reemplazo. Nuevos problemas fueron detectados en dos inspecciones posteriores y en junio de 2006 se encontraron indicios de *fisuración y fatiga*.

Tómese debida nota de que entre 1990 y 2005 se habían emitido **cuatro informes** advirtiendo sobre el estado preocupante en el que se encontraba la estructura.

Sin embargo, y esto es lo que interesa destacar en esta presentación, en un acto de absoluto desprecio por las advertencias de los ingenieros, el Gobernador del Estado hizo una manifestación pública afirmando que “no se han encontrado deficiencias estructurales en el puente”.

No tenemos información sobre la circunstancia ni el motivo por el cual la máxima autoridad política del Estado de Minnesota realizó semejante declaración, pero claramente dicha circunstancia desplaza la responsabilidad del campo de la Ingeniería al de la política y ésta es una de las lecciones que la sociedad debe aprender como resultado de este colapso.

Todas las otras preguntas que comentamos al comienzo de este artículo, las podríamos tratar globalmente explicando brevemente cómo se realiza el monitoreo de los puentes de una red vial, ya sea a nivel país, estado, provincia, municipio, etc.

Hace ya unos 20 años que surgió, precisamente en Estados Unidos, la inquietud ante la llegada al fin de su vida útil de una gran proporción de los 570.000 puentes que tenía la red estatal de carreteras. Se inició un programa de revisión sistemática de todos los puentes, calificando su vulnerabilidad frente a problemas estructurales, acciones hidráulicas y obsolescencia funcional. Encontrándose que una alta proporción (unos 80.000 puentes) requerían atención, mantenimiento preventivo y reparaciones. Se creó lo que llama un BMS (Bridge Management System), con el objeto de conocer el estado de los puentes y priorizar las cuantiosas inversiones que se requieren para su rehabilitación completa. Posteriormente, casi todos los países desarrollados fueron implementando sistemas para monitorear sus redes de puentes.

Por su parte, los organismos internacionales de crédito como el Banco Mundial y el BID instan a los países que reciben créditos para rehabilitar sus redes de puentes a implementar un sistema para orientar, adecuadamente a través de prioridades, el uso de los préstamos.

En la Argentina hemos tenido varios colapsos de puentes, en la mayoría de los casos por cuestiones hidráulicas, aunque también han ocurrido derrumbes

por exceso de cargas. Actualmente la Dirección Nacional de Vialidad se encuentra en la etapa de desarrollo de un sistema de gestión de puentes para la red nacional, algunas vialidades provinciales también lo hacen y a una escala menor, también hay concesionarios que llevan adelante programas de monitoreo de los puentes a su cargo.

Es de esperar que, a través de prestar atención a las advertencias de los ingenieros, las autoridades políticas tomen los recaudos adecuados para reducir la tasa de colapsos parciales o totales de puentes en todo el territorio nacional y que, mediante la implementación de sistemas de gestión de puentes, se pueda optimizar el uso de recursos destinados al mantenimiento de la red.