

COLAPSO PARCIAL PUENTES PUDAHUEL NORTE Y PUENTE LONGAVÍ

SC Mantenimiento
Comité Técnico de Puentes

Relator: Ing. Claudio Morales Quiroga



Comité Técnico Puentes Chile



CONTENIDO

COLAPSO PARCIAL ESTRUCTURAS VIALES
DEFINICIÓN
TIPOS
CAUSAS

MEDIDAS ANTE COLAPSO PARCIAL

DETECCIÓN TEMPRANA

CASO DE ESTUDIO: PUENTE PUDAHUEL NORTE

CASO DE ESTUDIO: PUENTE LONGAVÍ ORIENTE

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

COLAPSO PARCIAL ESTRUCTURAS VIALES

INGENIERÍA LTDA.

Ingeniería Estructural

www.jlsingenieria.cl



Puente FFCC Pitufquén, IX Región, Agosto 2016



El Colapso Parcial de un puente se produce cuando uno o más componentes de la estructura fallan pero sólo un sector acotado de la estructura.

Puente Río Moju, Pará, Brasil Abril 2019



Pueden fallar varios tipos de elementos que produzcan finalmente un colapso parcial, ya sean componentes de la superestructura como de la infraestructura cada uno asociado a diferentes niveles de daño.



Superestructura

- Colapso de Tramo(s)
- Falla en vigas longitudinales (hormigón o acero).
- Falla en losa estructural.

Infraestructura

- Colapso elementos verticales de apoyo (muros, columnas).
- Falla de este mismo tipo de elementos sin colapso (agrietamiento de secciones, fisuras activas por carga, corrosión excesiva, etc).
- Socavación excesiva.





100 Años



INGENIERÍA LTDA.
Ingeniería Estructural



www.jsingenieria.cl

Tipos

Causas internas

- Están relacionadas directamente con la capacidad estructural del Puente, la que se puede ver afectada por distintos factores:
- Fallas en el diseño.
- Errores Constructivos.
- Calidad de los materiales usados en la Construcción.
- Falta de Mantenimiento.

Causas externas

- Se relacionan con factores que dicen relación con las solicitudes impuestas a la estructura (para las que pudo o no haber estado diseñada originalmente):
 - Demanda de carga móvil (normal y sobrepesos).
 - Socavaciones.
 - Sismo.
 - Fuego.
 - Asentamientos excesivos.
 - Degradación de materiales por factores ambientales.



Interacción Causa Interna–Causa Externa

Si bien, el colapso parcial de las estructuras tienen efectos visibles, no es fácil encontrar una causa única de dicho colapso.

De hecho, esta dificultad de conocer la causa principal, hace aún más difícil encasillar el colapso parcial en alguna de las dos categorías antes mencionadas.

Muchas veces, el colapso parcial tiene que ver con factores que finalmente son una combinación de Causas Internas y Externas.

Por ejemplo, una socavación mal estimada para el diseño sumada con una crecida que provoque una socavación excesiva.

INGENIERÍA LTDA.

ingeniería Estructural

Si bien, el colapso parcial de las estructuras tienen efectos visibles, no es fácil encontrar una causa única de dicho colapso.

www.jlsingenieria.cl

De hecho, esta dificultad de conocer la causa principal, hace aún más difícil encasillar el colapso parcial en alguna de las dos categorías antes mencionadas.

Muchas veces, el colapso parcial tiene que ver con factores que finalmente son una combinación de Causas Internas y Externas.

Por ejemplo, una socavación mal estimada para el diseño sumada con una crecida que provoque una socavación excesiva.



Las medidas que se podrán tomar, en términos estructurales, dependerá exclusivamente de la tipología del daño, su ubicación dentro de la estructura, el grado de daño de el o los elementos afectados.

Es vital, en primera instancia la visita a terreno, para evaluar en primera persona los elementos afectados y las causas preliminares.



Establecer luego, medidas inmediatas, aunque estas se hayan tomado a priori, es necesario destacarlas. Dentro de estas medidas inmediatas, se pueden contar:

- Cortes/desvíos de tránsito, en vías superiores e/o inferiores.
- Apuntalamiento.
- Gateo.
- Retiro de elementos sueltos.

Recopilación de antecedentes de la estructura, entre los que se encuentra, los Planos As-Built del proyecto, Fichas de Inspección y Registro, etc.

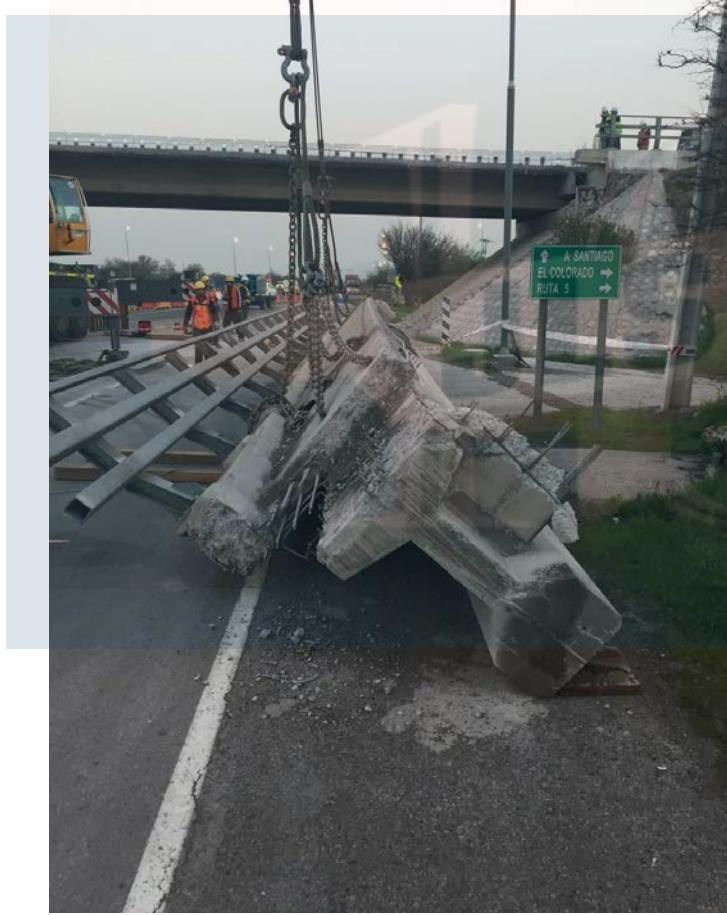
En esta parte es importante poder determinar con certeza la causa del colapso parcial, pudiendo ser la establecida en primera instancia, complementar esta con otros factores, o bien establecer una nueva causa.

Evaluación de la implicancia del colapso parcial en la estabilidad y resistencia estructural global de la estructura.

Elaboración de proyecto de reparación o reemplazo de los elementos afectados.



Medidas ante Colapso Parcial



Medidas ante Colapso Parcial



Cuando hablamos de Colapso Parcial, normalmente se asocia a un hecho sobrevenido, que, eventualmente, no se puede prevenir.



El concepto anterior, está hecho, implícitamente, en base al concepto de que un colapso es una falla frágil, lo que puede muchas veces ser cierto, si es que no se han tenido antecedentes del estado de la estructura previo al colapso.



INGENIERÍA
Ingeniería Estructural

www.jlsingenieria.com

Es aquí donde ponemos énfasis al concepto de detección temprana, que no quiere decir otra cosa que poder prever que algún problema estructural existente pueda generar daños de tal importancia como un Colapso Parcial.

Entra en este punto la importancia, muchas veces ya establecida, de una Inspección Periódica que permita conocer el “real” estado de la estructura, los cambios a través del tiempo, las reparaciones a las que se ha sometido o está siendo sometida, y la forma en que se realiza cada una.

No basta con llenar una Ficha de Inspección en terreno, sino que, esta Ficha de Inspección debe ser el resultado de un Sistema de Gestión de Estructuras (muchas veces también ya mencionado e incluso anhelado), donde se establezca cada parámetro de importancia para la misma.

Algunas concesiones tienen implementado este sistema, el que en ocasiones, ha establecido la necesidad de intervención en alguna estructura antes de problemas mayores que evidentemente se iban a producir.

Importante también es el Monitoreo de las cargas sobre la estructura, especialmente las que por algún motivo se encuentran con restricción de peso.

Y no sólo el Monitoreo de las cargas de sobre la estructura, sino que también las dimensiones de las cargas en Pasos Inferiores, donde es en extremo común el choque de vigas del tablero provocando colapso parcial de la estructura y la necesidad de reemplazar la viga afectada.

Caso de Estudio: Puente Pudahuel Norte

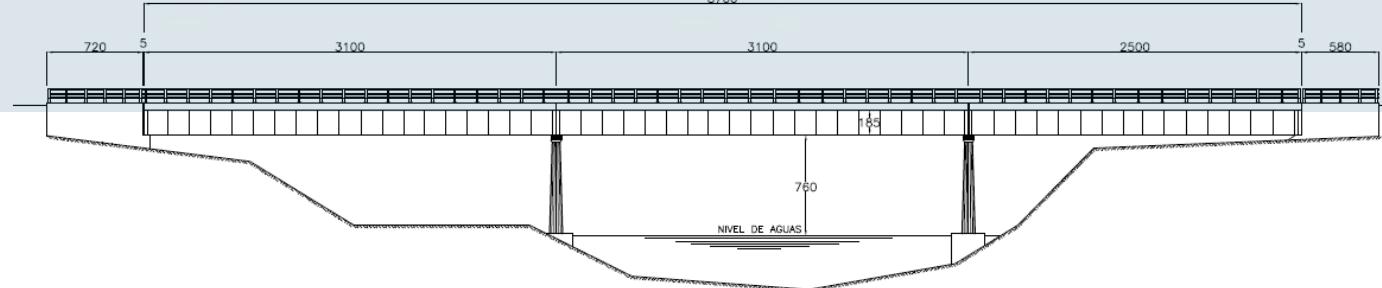
REPUBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS		NOMBRE DEL PUENTE		Pudahuel (Derecho)		TIPO DE PUENTE	
		EN KM.	10.9	DE LA RUTA	Ruta 68 (Santiago-Valparaíso)		
ROL RUTA	68	EN EL CAUCE	Río Mapocho				
REGIÓN	RM	PROVINCIA	Santiago	COMUNA	-		
LONGITUD TOTAL	87.0	ANCHO DE PASILLOS	1.30	LUZ MAYOR	31.00	NUMERO DE VIGAS	3
ANCHO TOTAL	11.40	ANCHO DE CALZADA	8.80	NUMERO DE TRAMOS	3	NUMERO DE CEPAS	2
GALIBO	-	ESPESOR DE LOSA	0.20	TIPO DE CARPETA	Asfalto	¿TIENE ESVAJE?	No
OBRA FLUVIAL	Si	TRANSITO (PAS/DÍA)	12072	GRADO DE DAÑO	-	CAPACIDAD DEL PUENTE	HS 20-44
ENROCADO							

Años

← A SANTIAGO

www.jlsingenieria.cl

→ A VALPARAISO



Vista General
S/E



Colapso Parcial de Viga de Acero NorOriente.

Fisura en ala inferior que continua por el alma hasta casi llegar al ala superior.



Años

Se produce de forma frágil, sin inspecciones anteriores que pudieran prever dicha falla.



INGENIERIA ESTRUCTURAL
Ingeniería Estructural

La fisura de la viga se inicia en una soldadura. Esta fisura se propagó por un mecanismo de fatiga debido a los esfuerzos de flexión cíclicos a los que están sometidas las vigas, evidenciado por las marcas de playa.



Apuntalamiento inmediato del sector. Proyecto de reparación provisorio, reemplazando sector de fisura en viga, manteniendo apuntalamiento.



Años

Reemplazo de sector de viga dañado, proyecto reparación definitivo.



www.jusingenieria.cl
Estado final de la reparación antes de la pintura de protección.

Puente Pudahuel Norte

Caso de Estudio: Puente Longaví Oriente

REPUBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS		NOMBRE DEL PUENTE		Longavi Oriente		TIPO DE PUENTE	HAH
EN KM.	321.40	DE LA RUTA	Ruta 5, Tramo Talca - Chillán				
ROL RUTA	5 Ch	EN EL CAUCE	Río Longaví				
REGIÓN	VII	PROVINCIA	Linares		COMUNA	Longavi	
LONGITUD TOTAL	319.60	ANCHO DE PASILLOS	1.20	LUZ MAYOR	40.00	NUMERO DE VIGAS	4
ANCHO TOTAL	10.40	ANCHO DE CALZADA	8.00	NUMERO DE TRAMOS	15	NUMERO DE CEPAS	14
GALIBO	-	ESPEZOS DE LOSA	0.20	TIPO DE CARPETA	Asfalto	¿TIENE Esviaje?	No
OBRA FLUVIAL	Si	TRANSITO (PAS/DÍA)	4.899	GRADO DE DAÑO	-	CAPACIDAD DEL PUENTE	HS 15-44
ENROCADO							
G. RADIER							



100 Años
Puente cuenta con varias
reparaciones y refuerzos a lo largo
de su vida útil.



JLS INGENIERIA LTDA.
Ingeniería Civil y Construcción
www.jlsingenieria.cl

La más importante es el descenso y
posterior colapso de la Cepa N°8
(año 2000), provocando la caída de
los tableros asociados.



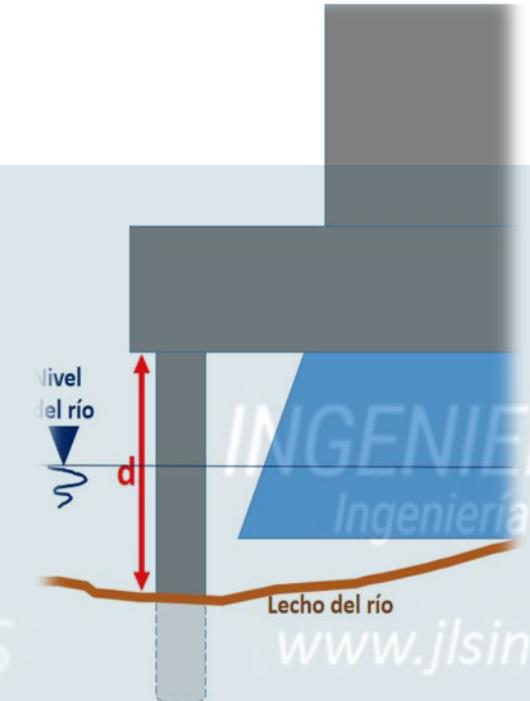
Ejecución Muro Guardiader Año
2001



Estado actual “nueva” Cepa N°8



Registro Fotográfico Cepa N°8
inspección subacuática año 2016



Resultado inspección subacuática
año 2016

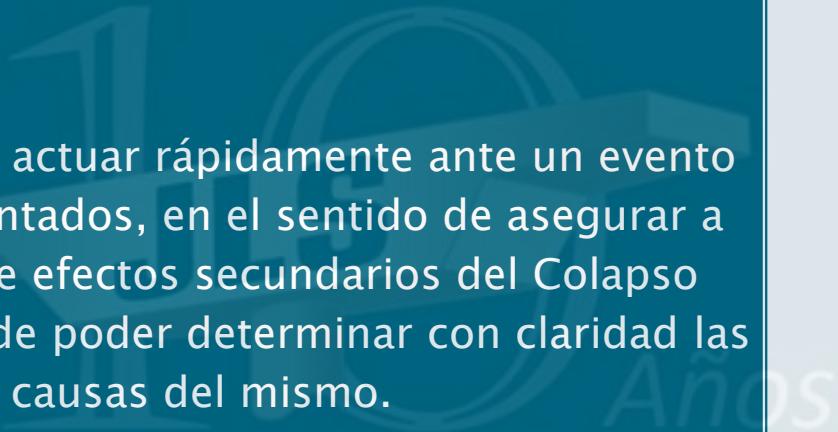
CEPA	PILOTE	Profundidad (d) metros
Cepa 6	Pilote 1	2.25
	Pilote 2	2.60 – 3.68
Cepa 7	Pilote 3	3.50
	Pilote 4	3.50
Cepa 8	Pilote 1	3.00
	Pilote 2	3.25
Cepa 9	Pilote 3	4.55
	Pilote 4	4.00
Pilote 1	2.18	
Pilote 2	3.00	
Pilote 3	3.30	
Pilote 4	2.55	
Pilote 1	2.00	
Pilote 2	1.30	
Pilote 3	2.53	
Pilote 4	2.25	

Los dos casos de estudio vienen a reflejar colapsos parciales de dos Puentes Carreteros.

Se desprende la diferencia entre las naturalezas (causa) de dichos colapsos, los “avisos” que puede entregar o no una estructura antes de que suceda la falla de la estructura.

Se hace entonces necesario en esta parte, volver a destacar la importancia de una Inspección Detallada y periódica de las Estructuras, a modo preventivo ante evidencias en terreno.

www.jisingenieria.cl



La necesidad de actuar rápidamente ante un evento como los presentados, en el sentido de asegurar a los usuarios de efectos secundarios del Colapso Parcial, además de poder determinar con claridad las causas del mismo.

Ahora bien, ¿Qué se hace con la información recolectada?, ¿sabemos que puentes han presentado colapsos parciales?, ¿fechas, causas, medidas inmediatas, proyectos de reparación?

www.jisingenieria.cl

Es necesario elaborar un registro de Colapsos Parciales o Totales.

¿Qué significa la falla del Puente Pudahuel comenzando desde la soldadura?, ¿tenemos más puentes de larga data con problemas en las soldaduras?

Lo del Puente Longaví, no es difícil extrapolarlo a otras estructuras hoy en día en servicio, socavación excesiva con pocos años en servicio.

Comentarios y Conclusiones



ENHANCING ENGINEERING TO EXTREME EVENTS

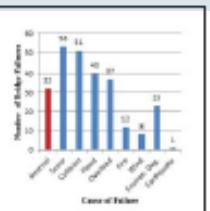
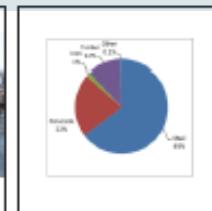
ISSN 1520-295X

A Study of U.S. Bridge Failures
INGENIERÍA LTDA.
Ingeniería Estructural

www.jlsingenieria.cl

by

George C. Lee, Satish B. Mohan,
Chao Huang, and Bastam N. Fard



Technical Report MCEER-13-0008

June 15, 2013

Table 2-11: Failure Types of Failed Bridges for Each of the Causes of Bridge Failures

Causes of Failure	Failure Types		
	Total Collapse	Partial Collapse	Distress
Design Error	38% (8)	52% (11)	10% (2)
Lack of Maintenance	67% (2)	33% (1)	0% (0)
Deficiency in Construction	32% (10)	65% (20)	3% (1)
Material Defect	23% (3)	46% (6)	31% (4)
Earthquake	38% (6)	63% (10)	0% (0)
Scour	50% (61)	50% (60)	0% (0)
Flood	75% (83)	25% (27)	0% (0)
Collision	39% (44)	60% (68)	1% (1)
Environmental Degradation	29% (12)	69% (29)	2% (1)
Overload	76% (71)	24% (23)	0% (0)
Fire	50% (12)	50% (12)	0% (0)
Wind	78% (35)	22% (10)	0% (0)

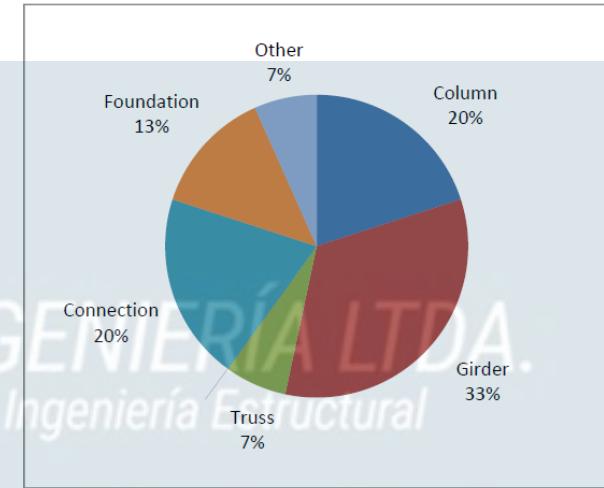


Figure 3-4: Bridge Components Failed due to Design Error

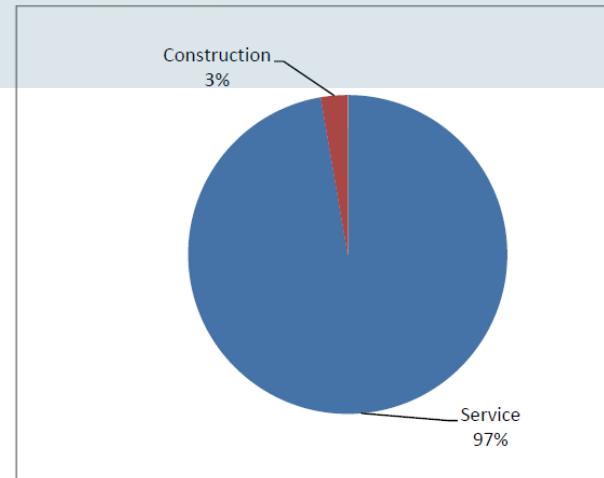


Figure 2-9: Bridge Failures by Time of Failure

MUCHAS GRACIAS

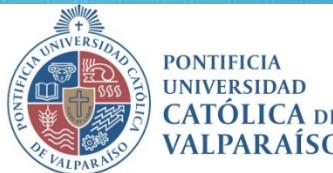


Comité Técnico Puentes Chile



ESCUELA DE

INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO