

CONSIDERACIONES VINCULADAS A LA INSPECCIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO

Mg. Inga. Schierloh M. I.

Grupo de Investigación en Rehabilitación de Estructuras

- GIRE-

Facultad Regional Concepción del Uruguay

Universidad Tecnológica Nacional





Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay



Puente de Minneapolis. Minnesota. Colapsó el 1 de agosto 2007, había sido declarado “Estructuralmente Deficiente en 2005”



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay*



Puente Loncomilla. Vista desde aguas arriba, desde ribera poniente. Chile



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

INGRESAR | REGISTRARSE

4(#)

Martes 07 de Enero de 2014 | 19:10

Fatal accidente en "Puente Fierro": murió una mujer de 26 años





Las causas de la degradación de las estructuras tiene diferentes orígenes:

-Diseño no adecuado a la durabilidad esperada.

-Efectos ambientales (aumento del nivel de la contaminación).

-Falta de mantenimientos.

-Imprevistos (accidentes).

Un uso eficiente de los recursos, requiere de estudios previos tales como inspección, evaluación de daños estructurales y aptitud, en base a los cuales desarrollar proyectos de rehabilitación integrales y análisis económicos comparativos.



Historial:

- **Debe contar con los siguientes elementos:**
 - **Legajos técnicos del Puente (pliegos generales, particulares y técnicos) con los cuales se lo construyo.**
 - **Reunir todo el proceso de Inspección del organismo vial y la empresa constructora (actas de inicio y recepción de obra, órdenes de servicio, fotografías y documentación gráfica, etc.)**
 - **Contar con todas las planillas e informes técnicos de las inpecciones rutinarias, principals o especiales, acompañado de fotografias, videos, resultados de ensayos de laboratorio etc.**

Todo este material constituirá el HISTORIAL del Puente, el cual se deberá Institucionalizar en los organismos vials correspondientes



Procedimiento de Evaluación:

**Inspección rutinaria o preliminar
(una vez al año)**

Revisión de Antecedentes.

Examen visual.

Análisis ensayos generales.



Procedimiento de Evaluación:

A partir de esta Inspección se determina un Índice de daño y la necesidad o no de adelantar la Inspección Principal.

Tabla 1- Índice de Daño global de una Inspección Rutinaria en puentes.

INDICE	SITUACION
1	No se observan problemas en ningún elemento del puente.
2	Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioros sin importancia, lo que indica que la estructura pudiera correr el riesgo de tener una evolución patológica (fisuras menores, oquedades, lixiviación, armadura expuesta, posibilidades de socavación).
3	Defectos que indican el comienzo de una evolución patológica. Algunos elementos están en buen estado, pero otros muestran deterioro (algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento, socavación, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión).
4	Defectos que indican que se está produciendo una evolución patológica. La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales. (Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente)
5	Defectos que se pueden traducir en una modificación del comportamiento de la estructura o parte de ella. Hay un avanzado deterioro de los elementos estructurales (Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales, la socavación compromete el apoyo que debe dar la infraestructura)
6	Defectos que indican la proximidad del estado límite de servicio de toda la estructura o parte de ella, necesitando una restricción en el uso o su puesta fuera de servicio (gran deterioro o pérdida de sección en elementos estructurales críticos., desplazamientos horizontales o verticales que afectan la estabilidad de la estructura., asentamientos y giros importantes de las bases, pilas y estribos)



Procedimiento de Evaluación:

**Inspección principal
o detallada
(cada 5 años)**

Selección de zonas.

Superestructura

**Tablero
Vigas PPles.
Barandas**

Infraestructura

**Pilas
Estribos
Fundaciones**

Elección de análisis, ensayos y mediciones.

Estudio de resultados.

Diagnóstico



Elección de análisis, ensayos y mediciones:

Para la evaluación del hormigón:

Los ensayos necesarios de realizar sobre el hormigón son:

- a) Detección de la delaminación del recubrimiento del hormigón
- b) Resistividad eléctrica del hormigón.
- c) Ultrasonido.
- d) Esclerometría.
- e) Profundidad de carbonatación
- f) Contenido de iones cloruros
- g) Resistencia a la compresión
- h) Porosidad
- i) Detección de fisuras y grietas.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Elección de análisis, ensayos y mediciones:

Para el caso de las armaduras, los ensayos propuestos son:

- a) Localización de la armadura y espesor de recubrimiento
- b) Medición de la disminución de la sección.
- c) Medición de potenciales electroquímicos de corrosión.
- d) Medición de la velocidad de corrosión.



Patologías a Estudiar:

Cimentaciones:

- a) Asiento de la cimentación.
- b) Giros.
- c) Desplomes.
- d) Riesgo de socavación.

Pilas y estribos:

- a) Giros.
- b) Desplomes.
- c) Protección de los terraplenes de los estribos.

Vigas principales:

- a) Los apoyos



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Patologías a Estudiar:

Tablero:

- a) Estado de los drenajes laterales.
- b) Estado de las juntas..

Barandas:

Además de estudiar las patologías de los materiales que las componen, se deben estudiar problemas de:

- a) Impacto



Índice de Daño:

La Inspección principal, también culmina con un Índice de daño tanto global, como particular.

Tabla 2- Índice de gravedad según el Pliego de la Comunidad de Madrid

INDICE	SITUACION
1	Defectos "a priori", sin consecuencia importante
2	Defectos que indican que la estructura pudiera correr el riesgo de tener una evolución patológica
3	Defectos que indican el comienzo de una evolución patológica
4	Defectos que indican que se está produciendo una evolución patológica
5	Defectos que se pueden traducir en una modificación del comportamiento de la estructura o parte de ella
6	Defectos que se traducen en la proximidad del estado límite de servicio de toda la estructura o parte de ella, necesitando una restricción en el uso, o su puesta fuera de servicio.



Tabla 3- Detalle del Índice de daño particular de una Inspección principal

INDICE	BASE	ESTRIBOS Y PILAS	VIGAS PRINCIPALES	TABLERO	BARANDAS
1	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes
2	Probabilidad de socavación	fisuras menores, oquedades, armadura expuesta	fisuras menores, oquedades, armadura expuesta	fisuras menores, oquedades, lixiviación, armadura expuesta	Probabilidad de problemas en la seguridad al usuario (impactos menores y/o probabilidad de inicio de evoluciones patológicas de los materiales de las barandas)
3	Pequeña socavación	Grietas, descascaramiento, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión	algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión	algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión	Indicios de problemas en la seguridad al usuario por impactos y/o comienzo de problemas de patologías en los materiales de las barandas
4	Gran socavación	Pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente	Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente	Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente	Problemas de seguridad al usuario por impactos importantes y/o por problemas de Patologías de los materiales de las barandas levemente afectadas
5	Asentamientos pequeños y/o giros	Avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales, y/o la socavación compromete el apoyo que debe dar, asentamientos pequeños	Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales.	Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales.	Grandes problemas de seguridad al usuario (estructura afectada por impactos importantes, patologías de los materiales de las barandas muy afectadas)
6	Grandes asentamientos y/o giros que afectan la estabilidad de la estructura	Problemas graves en los materiales constitutivos y/o desplazamientos horizontales o verticales que afectan la estabilidad de la estructura asentamientos y giros importantes de las bases, pilas y estribos.	Gran deterioro o pérdida de sección en el hormigón y el acero, que comprometen la estabilidad de la estructura	Gran deterioro o pérdida de sección en el hormigón y el acero, que comprometen la estabilidad de la estructura	No hay seguridad al usuario (Todo o parte de las mismas han sido eliminadas por impactos y/o por problemas patológicos de los materiales de las barandas)



Índice de Daño Global:

- 1. Descomponiendo la calificación en un conjunto de calificaciones parciales correspondientes a elementos estructurales o equipamientos claramente diferenciados.**
- 2. Atribuir un peso a cada uno de los grupos anteriores, en función de la importancia que tenga esa valoración (nula, reducida, media o alta).**

Tabla 4- Pesos imputables a la calificación de los elementos inspeccionados en función de su importancia.

IMPORTANCIA	PESO	ELEMENTOS
Nula	0	Cimentaciones
Reducida	1	Barandas
Media	5	Pilas y estribos
Alta	15	Vigas principales y tablero



Índice de Daño Global:

- 3. Efectuar una calificación ponderada final de la estructura, de forma que el Índice global de gravedad viene dado por:**

$$\text{Índice de daño global} = \frac{\sum w_i * I_{\text{parcial}}}{\sum w_i}$$

Donde

w_i : es el peso que depende de la importancia del elemento (tabla 3) y

I_{parcial} : es el índice parcial correspondiente a cada conjunto de elementos considerado.

Sigue un ejemplo:



Índice de Daño Global:

Tabla 5- Ejemplo de obtención del índice global de gravedad de una determinada estructura.

ELEMENTO	INDICE PARCIAL	PESO	INDICE PONDERADO
Cimentaciones	2	0	0
Pilas y estribos	3	5	15
Vigas principales	6	15	90
Tablero	2	5	10
Barandas	2	1	2
Sumatoria		26	117

Índice de daño global = 4,5

En función del valor que alcance el índice global se propone el tiempo que debe transcurrir hasta realizar la próxima Inspección Principal.



Índice de Daño Global:

Este tiempo es inversamente proporcional al “índice de daño global” de la estructura.

- Para Índices de daño mayores a 5, la Inspección Principal debe ser inmediata.
- Para Índices de daño entre 3 o 4, la inspección principal debe realizarse al cabo de 3 años.
- Para índices de 1 o 2, la Inspección Principal debe realizarse a los 5 años.

El tiempo para realizar la próxima Inspección Detallada, lo determina el **menor tiempo que estipule cada Inspección Rutinaria o Principal** que se realice.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Inspecciones Especiales

Las inspecciones especiales, se deben realizar cuando la Inspección rutinaria o la principal lo prescriba o cuando los organismos viales lo estimen correspondiente luego de un evento extraordinario (accidente vehicular, socavación, etc) o cuando la evidencia de un daño lo indique.

Esta Inspección, puede ser realizada sobre un elemento del puente en particular, varios, o sobre la estructura en su conjunto, dependiendo de la gravedad del daño.

Puede ser realizada siguiendo el protocolo de la inspección rutinaria, principal o profundizar aún más con pruebas y ensayos más exhaustivos y expertos en el problema en cuestión.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

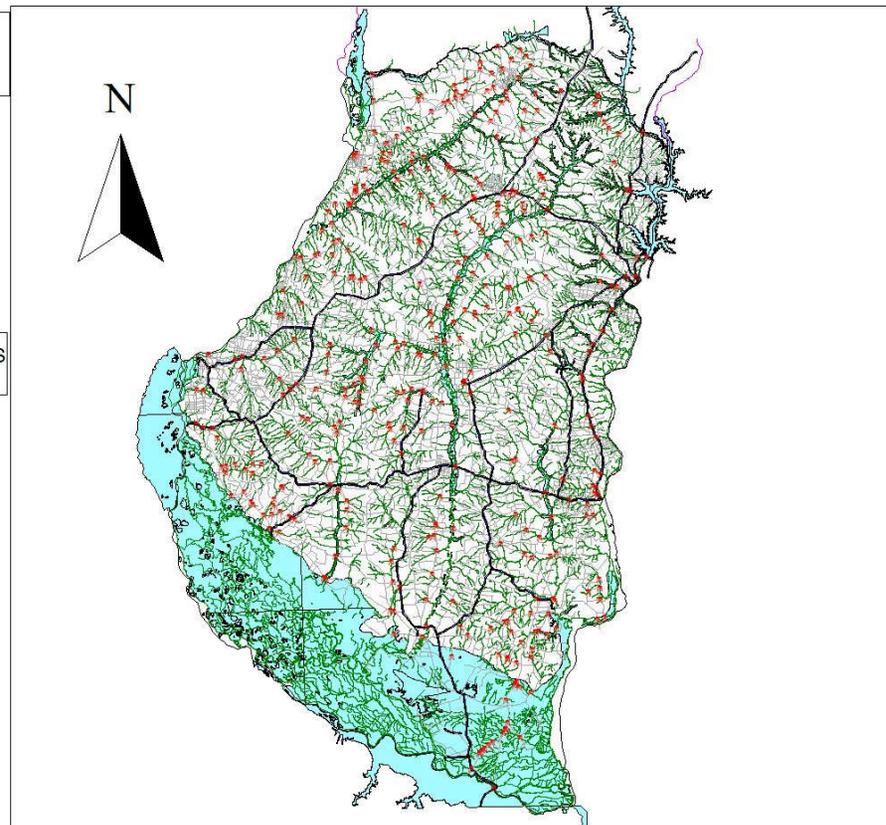
Puentes en Entre Ríos:

PUENTES DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

PROYECTO DE INVESTIGACION
GIRE, Dpto. de Ing. Civil
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FAC. REG. CONC. DEL URUGUAY
ENTRE RÍOS - ARGENTINA

INSPECCION Y EVALUACION DE PATOLOGIAS
EN PUENTES DE HORMIGON ARMADO

REFERENCIAS	
	Er_pue2.shp
	Er_prov2.shp
	Er_limite2.shp
	Er_ferro2.shp
	Er_caminos2.shp
	Er_afluente2.shp
	Er_lagu2.shp



Relevamiento de los puentes existentes en la Provincia, utilizando técnicas digitales, detectándose por medio de sensores remotos la existencia de 377 puentes, construidos en: Madera, Hierro, Piedra, Hormigón Armado y pretensado.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre Arroyo Calá:



Vista de fisuras en la losa del tablero superior.





Puente sobre Arroyo Calá:



Vista lateral, donde se puede observar los desagües.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre Arroyo Calá:

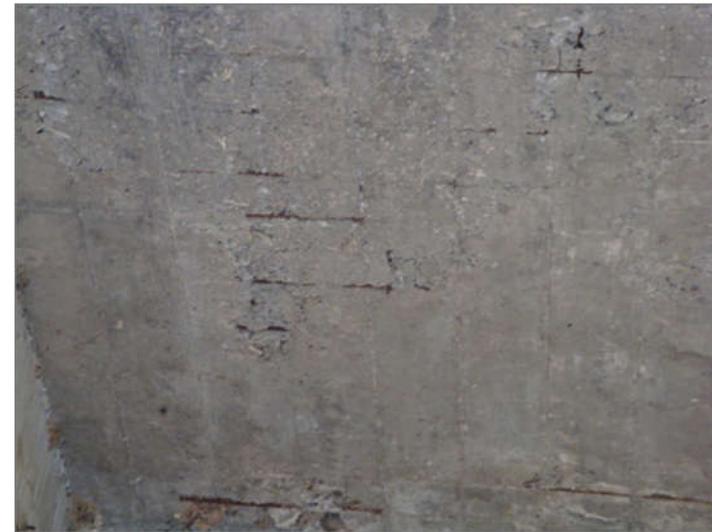


Tablero superior con procesos visibles de lixiviación y armadura expuesta con procesos corrosivos en viga sobre estribos.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre Arroyo Calá:



Armaduras expuestas y con procesos corrosivos, en parte inferior de la losa del tablero.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre Arroyo la Esperanza:



Vistas de la socavación en el estribo sur del puente.

Estado del apoyo bajo estribo Sur.





Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre el Arroyo Gená:



Viga longitudinal afectada por corrosión y Columna de pila con remoción de pasta de cemento.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre el Arroyo Gená:



Vista de los desagües con oscurecimiento del hormigón que recibe el agua.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre el Río Gualeguaychú:



Vista del tablero y baranda metálica.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre el Río Gualeguaychú:



Vista inferior de tablero y vigas con armadura visiblemente afectados por procesos corrosivos.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Puente sobre el Río Gualeguaychú:



Vista inferior del estado de las juntas y de los dispositivos de apoyos.

Vista superior del estado de las juntas

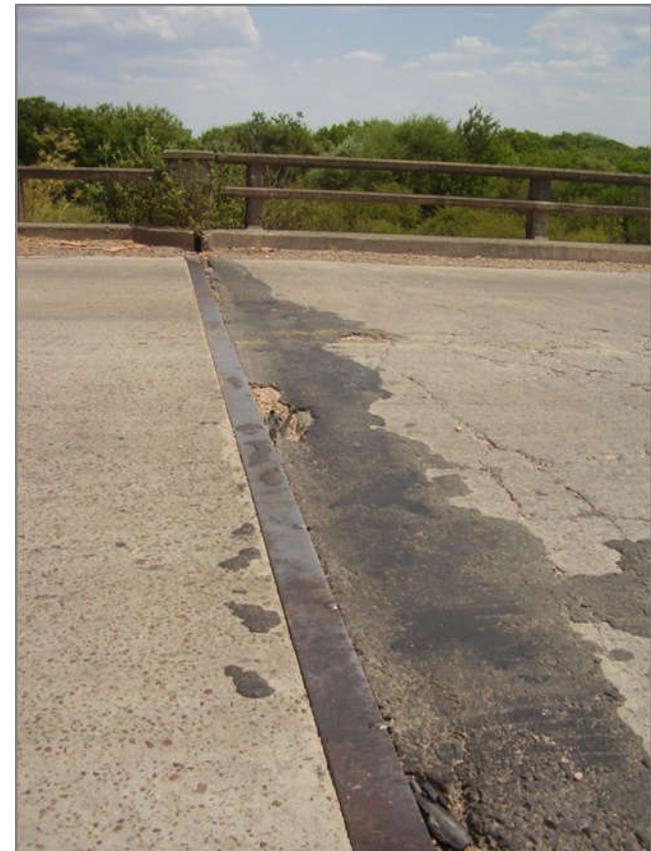




Tablero:



Vista de las múltiples fisuras del tablero del puente.



Juntas de dilatación entre tablero y losa de aproximación.



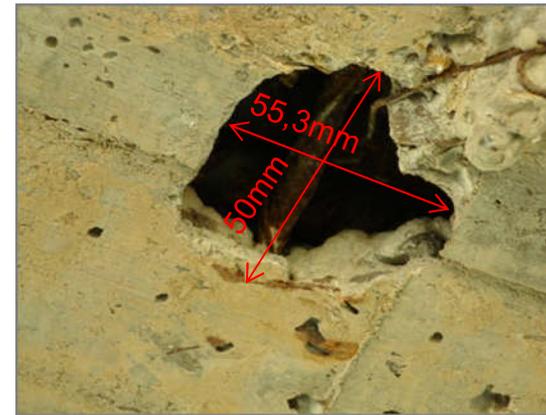
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay

Tablero:



Vista del tablero del puente, luego de la re-pavimentación. Juntas de dilatación entre tablero y losa de aproximación.

Vigas:



Existen múltiples problemas de fallas constructivas en toda la longitud de las vigas.

Se observaron oquedades, que dejan a las armaduras principales expuestas al medio ambiente.

También se verificó la presencia de hierros usados como separadores sin recubrimiento. Estos hierros, con procesos de corrosión evidentes, están en contacto con las armaduras principales, pudiendo afectarlas.

Patología de pilas y estribos:



Se observaron problemas de erosión y deterioro en el recubrimiento de los estribos.



Conclusiones:

- Destacar la importancia técnica, económica y cultural que tiene la actividad de gestión de puentes, en relación a lo cual es necesario mencionar el papel fundamental de un buen sistema de inspección de puentes, realizado por personal capacitado y en un contexto de periodicidad y tratamiento adecuados.
- De los análisis y conclusiones de las tareas de inspección, puede surgir la necesidad de mantener, reparar o reforzar el puente.
- El proyecto, debe realizarse por personal especializado y se tendrán en cuenta varios factores como ser:
 - a) Necesidad o no de mantener el flujo de tránsito.
 - b) Necesidad o no de respetar el patrimonio arquitectónico del puente.
 - c) Conveniencia económica de repararlo o demolerlo y construir uno nuevo.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Mg. Ing. Schierloh María Inés
Docente - Investigadora
Fac. Reg. C. del Uruguay - UTN
schierlm@frcu.utn.edu.ar



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Concepción del Uruguay