



(DURABILIDAD)

Evaluación del estado de conservación del hormigón armado en Puente carretero de la provincia de Entre Ríos.

Schierloh M. I (1)(a); Souchetti R.F. (1)(b); Bovino A. (1)(c)

(1) *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Tel/Fax: (03442) 425-541 / 423-803, Ing. Pereira 676, Concepción del Uruguay, E3264BTD - Entre Ríos - Argentina*

(a) *Magister em Ingeniería, (b) Ingeniero Civil, (c) Ingeniera Civil*
email: schierlm@frcu.utn.edu.ar

RESUMEN

Actualmente se reconoce la necesidad de mantener operativas las vías de comunicación por cuestiones socio-económicas, y por razones de seguridad. Sin embargo, en los últimos tiempos, se ha podido observar un cierto grado de deterioro en las estructuras de los puentes. Una de las principales causas de este deterioro es la corrosión de sus armaduras de acero. Por ello y a los efectos de preservar la integridad estructural, resulta de gran importancia determinar el grado de daño que presenta el acero a causa del proceso corrosivo.

Los resultados obtenidos mediante las técnicas utilizadas, analizados conjuntamente con características del hormigón, permitieron establecer un nivel de riesgo o de afectación de la estructura por comparación con criterios aceptados internacionalmente. Empero, estas evaluaciones representan solo una condición instantánea del proceso de corrosión y deben repetirse en el tiempo a fin de lograr resultados representativos y confiables.

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación realizada sobre un puente carretero ubicado en la ruta provincial Nº 39, de Entre Ríos. Dicho estudio forma parte de un proyecto de Inspección y Evaluación de Patologías en Puentes Situados sobre la Red Vial Provincial, Gestión de Mantenimiento.

Así mismo se vio la necesidad de realizar un inventario de los puentes ubicados en la red vial de la provincia y de su estado. Lo que confirmó la necesidad de desarrollar un sistema de organización de datos relevados que permita aplicar en forma eficiente las medidas destinadas al mejoramiento de estas obras.

Por lo tanto el propósito final de este trabajo es integrar la información que se asocia al estado del puente en cuestión y obtener la optimización de los recursos destinados a la mantención de los mismos.

Palavras-chave: *Corrosión, Inspección, Evaluación, Puentes Carreteros, Durabilidad.*



INTRODUCCIÓN

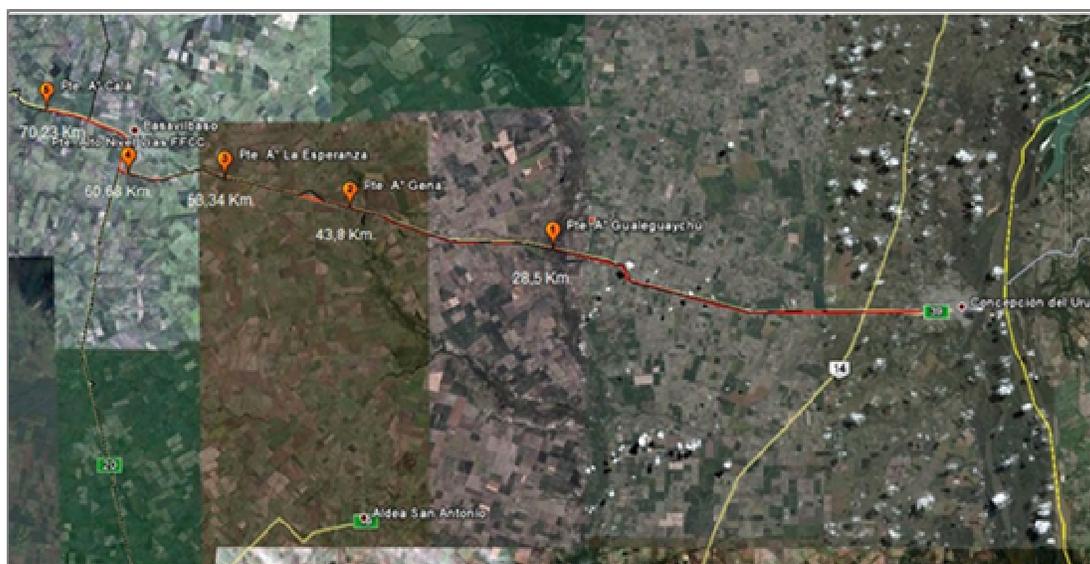
Este trabajo es parte de un proyecto instrumentado mediante un Convenio de Colaboración Específico entre la Vicegobernación de la Provincia de Entre Ríos y la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional, firmado en el mes de octubre del año 2008.

En el marco de dicho convenio y conforme a lo propuesto por la Dirección Provincial de Vialidad, Zonal IX. Se planteó la evaluación de los puentes detallados en la Tabla 1, todos ubicados sobre la ruta provincial Nro. 39.

En este informe se presentan los resultados obtenidos de las inspecciones realizadas en el puente sobre Arroyo Cala.

Tabla 1. Localización de los puentes propuestos en el proyecto

UBICACIÓN DE PUENTES SOBRE RUTA 39		
Nº	NOMBRE PUENTE	Lat. / Long.
1	Arroyo Gualaguaychú	32°26' 42",31 S
		58°33' 17",88 O
2	Arroyo Gená	32°25' 06",02 S
		58°42' 58",18 O
3	Arroyo La Esperanza	32°23' 46",96 S
		58°48' 47",60 O
4	Alto Nivel Vías FFCC	32°23' 40",72 S
		58°53' 19",62 O
5	Arroyo Calá	32°21' 03",70 S
		58°57' 11",21 O



Ubicación Puentes sobre Ruta Provincial nº 39 – Progresivas desde Concepción del Uruguay.

Los aspectos que se consideraron necesarios en el desarrollo de esta investigación fueron las condiciones generales de orden ambiental y ubicación de los puentes analizados; procedimientos de evaluación; los criterios y normas que determinen la condición de las estructuras y la documentación existente de los puentes.

El puente en cuestión, se encuentra ubicado en un ambiente que se clasifica como rural. Estos ambientes se caracterizan por la ausencia de agresivos químicos al hormigón armado, con excepción del CO₂ de la atmósfera que promueve los procesos de carbonatación. Así si tomamos en consideración la clasificación de exposición dada por el Proyecto de Reglamentación CIRSOC 201 [1], se puede indicar que la estructura evaluada se encuentra en un ambiente tipo A3: exteriores expuestos a precipitación media anual mayor o igual a 1000mm y con temperatura media mensual mayor o igual a 25°C durante más de 6 meses. En la Fig.1 se muestra una distribución de estas clases de exposición en la República Argentina.

De acuerdo a la clasificación de la norma IRAM 11603 [2], se puede decir que el puente propuesto se ubica en la zona bioclimática IIb que corresponde a clima cálido con amplitudes térmicas menores que 14°C.

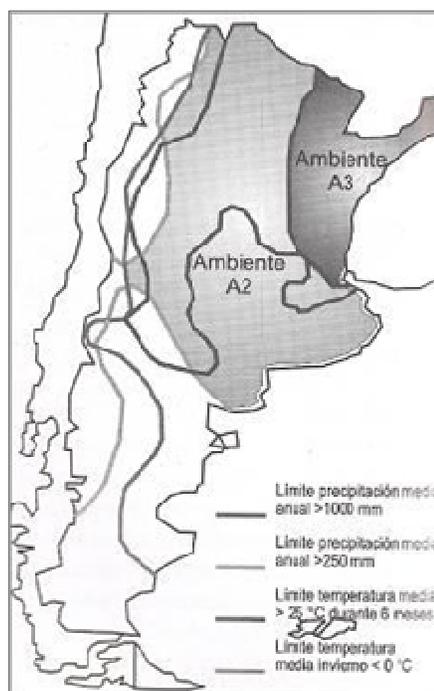


Fig. 1 Ambientes A2 y A3, donde la carbonatación es el proceso de degradación predominante [5].

CONDICIONES GENERALES PROCEDIMENTALES

Procedimientos de evaluación:



Para la evaluación del puente se plantearon tres etapas bien definidas a saber: **Inspección Preliminar, Inspección detallada y diagnóstico**. Siguiendo los criterios extraídos del manual DURAR de la red CYTED [3] y otros manuales que abordan la temática [4]. Las cuales se describen a continuación:

- Inspección preliminar:

La inspección preliminar se realiza en tres fases, lo que finalmente permitirá determinar un pre-diagnostico, del estado de la estructura y la decisión luego, de pasar o no a una inspección detallada.

Estas fases son: **Revisión de Antecedentes, Examen visual, Análisis y ensayos generales.**

- Inspección detallada:

En los casos que los resultados de la inspección preliminar lo ameriten se lleva a cabo una evaluación más compleja de la problemática de la estructura del puente, se hace una inspección detallada.

Esta, se divide en tres etapas y al finalizar las mismas se obtiene un diagnostico general del estado de la estructura del puente.

Estas etapas son:

Selección de zonas:

Una vez reconocida la estructura del puente (a través de la inspección preliminar), se hace una división de ella en zonas.

En nuestro caso, hemos dividido la composición del puente en dos partes estructurales (**Superestructura e Infraestructura**), cada una de las cuales, a su vez, contiene tres elementos diferenciados.

Superestructura:

Esta constituida por todos los elementos estructurales o constructivos, que forman parte de la obra que permite el tránsito sobre la misma para salvar el obstáculo.

Estos elementos son:

- a) **Tablero:** Es la losa principal del puente.
- b) **Vigas principales:** Son los apoyos donde descarga el tablero.
- c) **Barandas:** Son las protecciones laterales de la superestructura.

Infraestructura:

Está formada por todas las estructuras que dan apoyo a la superestructura, transmitiendo las cargas al suelo.

Dentro de la infraestructura, consideramos tres secciones:

- a) **Pilas:** Son los apoyos intermedios de la superestructura.
- b) **Estribos:** Son los apoyos extremos de la superestructura.



c) **Fundaciones:** Son los que transmiten el esfuerzo al suelo.

Selección de análisis, ensayos y mediciones:

Luego de realizar la división de la estructura, se determinó que tipo de análisis, ensayos y mediciones serían llevados a cabo en la inspección detallada.

Para esta etapa, se utilizaron planillas donde para cada elemento de la estructura del puente (baranda, tablero, vigas principales, pilas y estribos), están especificados las posibles afectaciones que puede verse en cada una y por ende, las posibles mediciones y ensayos a realizar.

A su vez, para cada estudio en particular se confeccionaron tablas que se volcaron en planillas.

Los posibles ensayos a realizar tanto para el hormigón, como para la armadura fueron:

- Para la evaluación del hormigón: a) Detección de la delaminación del recubrimiento del hormigón, b) Resistividad eléctrica del hormigón, c) Ultrasonido, d) Esclerometría, e) Profundidad de carbonatación, f) Detección de fisuras y grietas.

- Para la evaluación de la armadura: 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.

Diagnostico:

Establecer el diagnostico patológico para la estructura de un puente, resulta un proceso lógico de análisis e interrelación de todos los hechos, resultados y observaciones realizados en las etapas de inspección.

La información, es apreciada y analizada en forma crítica a partir de diferentes pautas de evaluación establecidas y por la experiencia del evaluador.

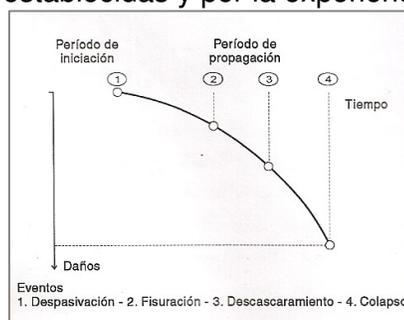


Fig. 2 Tiempo de vida útil en estructuras, antes de reparar. Modelo simplificado de Deterioro del Acero en el hormigón [5].

Al efectuar estas valoraciones, se pueden presentar varias posibilidades que involucran la presencia o no de corrosión en las armaduras en el hormigón sano o deteriorado. Si la información estructural, no revela daños de importancia, es deseable examinar la información ambiental, para identificar los tipos de corrosión que puedan desarrollarse en el futuro (análisis de potencialidad corrosiva).



Si la información de las condiciones acerca de la estructura revela corrosión, es necesario identificar el tipo de corrosión existente, el mecanismo de acción y de propagación.

El modelo de deterioro del acero en el hormigón propuesto por Tuutti es una herramienta ampliamente aceptada para asegurar una determinada vida útil. La Fig.2 muestra la performance de una estructura de hormigón con relación a la corrosión de armaduras y los eventos relacionados. En general los puntos 1 y 2 representan eventos relacionados con los estados de servicio de la estructura, el punto 3 se relaciona tanto con los estados de servicio como con los límites y el 4 representa el colapso de la estructura [5].

TAREAS DE RELEVAMIENTO PRELIMINARES

Inspección preliminar:

En función del programa de trabajos previstos inicialmente, se solicitó información a la Dirección Provincial de Vialidad, no habiéndose encontrado documentación de ninguno de los puentes a inspeccionar. Por lo cual, se mantuvieron reuniones posteriores con el Jefe Zonal IX Uruguay de la Dirección de Vialidad Provincial, quien aportó los datos que son de su conocimiento tales como año de ejecución y prácticas constructivas. Vale aclarar que esta etapa no se ha cerrado, y que la búsqueda de información es continua, ya que estas referencias permitirán hacer un análisis de los resultados más ajustado a la realidad.

Se confeccionaron, según lo previsto, Fichas de Antecedentes de la Estructuras, y fichas de descripción del medio.

El puente sobre arroyo Cala localizado en la ruta provincial Nº 39, progresiva al Km 70,23 (Rocamora). Según su destino o uso es un puente carretero, de Hormigón Armado in situ, construido en el año 1978, con una longitud de 58 m, un ancho de calzada de 8,4 m y una altura máxima de 4,7 m. Compuesto por tablero de hormigón armado, con juntas de dilatación tipo tijera, barandas de hormigón; cinco vigas longitudinales, dos pilas y dos estribos (Fig. 3,4,5). Es el puente de mayor antigüedad y en el cual se pudieron observar diferentes afectaciones (Fig. 6,7).



Fig. 3 Vista Superior actual del puente (izq.). Y de fisuras en la losa del tablero superior antes de ser re-asfaltado (der.).



Fig. 4 Vista lateral, donde se puede observar los desagües (izq.) y del estribo este, que se encuentra descalzado (der.)

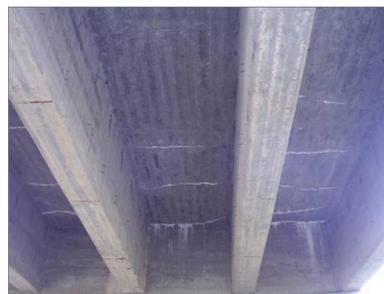


Fig. 5 Vista inferior del puente entre pilas uno y dos (Izq.). Y Vista de fisuras en el tablero superior con procesos visibles de lixiviación. En vigas se observaron hierros afectados por corrosión (der.).



Fig. 6 Exposición de los áridos y armadura corroída, en la parte inferior de las pilas, por lixiviación del cemento.



Fig. 7 Armadura expuestas y con procesos corrosivos en viga sobre estribos (izq.). Y en parte inferior de losa de tablero (der.).



CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Inspección detallada:

Debido a la falta de antecedentes técnicos sobre la obra, en esta etapa se realizó un relevamiento geométrico de todas las partes del puente. Luego de reconocida la estructura se efectuó una selección de las zonas para examen visual detallado y se procedió a la elaboración del plan de muestreo.

Se seleccionaron las técnicas y zonas de ensayos y mediciones en el hormigón, armaduras y en el medio ambiente circundante.

Inicialmente se realizó una detección de la delaminación del recubrimiento de hormigón, localización de la armadura mediante un detector electromagnético. Se realizaron ensayos de esclerometría y ultrasonido para verificar el estado del hormigón, profundidad y dirección de fisuras, sobre vigas longitudinales y pilas. Se midió el espesor de la capa de hormigón carbonatado en el estribo este, utilizando la técnica colorimétrica (con solución indicadora de pH). Se hicieron, además, mediciones de los potenciales electroquímicos de corrosión (E_{CORR}), parámetro que indica el estado de avance de la corrosión en la armadura (pasivo o activo) (Tabla 2). Además se extrajeron muestras de agua del arroyo para ser analizados en el laboratorio.

Tabla 2 – Potenciales electroquímicos de corrosión (E_{CORR}),

Punto	Elemento	X(m)	Y(m)	Velocidad de corrosion ($\mu A/cm^2$)	Potencial (mV)	Resistencia Electrica
1	E1			0.02	-25,6	3.80
2	V4	1.50	0.00	0.007	174,4	10.38
3	V5	1.50	0.00	0.008	135.1	6.99
4	V4	1.50	0.00	0.020	28.3	5.34
5	V1	2.00	0.00	0.008	176.8	10.31
6	V4	8.00		0.002	-48.5	17.40
7	V2	10.00		0.003	93.5	7.94

- Barandas:

El sistema constructivo, es de hormigón armado, separado en cuatro tramos. Se encuentran fijadas a un voladizo angosto, unido al tablero central. No se observaron problemas de impacto sobre las barandas, ni problemas de fisuración. El ensayo de rebote con el esclerómetro arrojó un valor de rebote de 46.

No se registraron problemas de fallas constructivas (oquedades, falta de recubrimientos, etc) en estos elementos. Tampoco se detectaron manchas de óxido ni armaduras expuestas.

Los resultados obtenidos mostraron que en las zonas auscultadas, el hormigón no se encontraba carbonatado al momento de realizar el ensayo; como se puede observar en la Fig. 8.



Fig. 8 Vista del primer punto descubierto rociado con solución indicadora.

No se realizaron mediciones para verificar el estado de las armaduras, ya que exteriormente no se observaron signos manifiestos de procesos corrosivos en sus armaduras (caracterizados por manchas de óxido, delaminación y/o desprendimientos del hormigón del recubrimiento).

- Tablero:

Otro control realizado fue el del estado de conservación de la estructura del tablero del puente construido de hormigón armado in situ.

Se encuentra sustentado por cinco vigas longitudinales y tiene dos voladizos, donde apoyan las barandas.

La superficie de rodamiento, presenta múltiples problemas de fisuras llegando al desprendimiento del hormigón en algunos sectores (Fig.3). Las formas y distribución de dichas fisuras hacen pensar en la posibilidad de que sean originadas por la Reacción álcalis agregados (RAS), aunque en el caso de agregados de reacción lenta, para asegurarlo habría que estudiarlo sobre testigos.

Se hicieron estudios de carbonatación, en varios puntos de la superficie superior e inferior, dando resultados negativos en el momento de realizar las pruebas.

Las múltiples fisuras observadas, algunas de ellas con espesores mayores a 3 mm en la cara superior del tablero, favorecen los procesos de lixiviación, visibles en la cara inferior. Donde se observó el mapeo y midieron espesores de 0,1 mm en promedio (Fig. 9).



Fig. 9 Vista de la lixiviación, en la cara inferior del tablero del puente.



Fig. 10 Vista de la cara inferior del tablero del puente, donde se observan la falta de recubrimiento.

El ensayo de rebote con el esclerómetro arrojó un valor de rebote de 48. En la cara inferior del tablero se detectaron problemas de falta de recubrimiento, lo que deja a la armadura principal y a la secundaria, expuestas al medio ambiente (Fig.10).

En cuanto a las juntas existen solamente dos en los extremos del tablero. Estas juntas, están inconclusas faltando la terminación en la parte del tablero del puente. En la parte de la losa de aproximación, posee sólo un perfil metálico.

- Vigas principales:

El sistema constructivo, es de hormigón armado in-situ. Consta de cinco vigas longitudinales, apoyadas en dos estribos extremos y dos pilas interiores.

Posee dos vigas transversales por tramo, y una en cada estribo (Fig. 11). Todas las pruebas de carbonatación, incluidas las que se hicieron en grandes oquedades de las vigas, dieron resultados negativos al momento de realizar los ensayos.

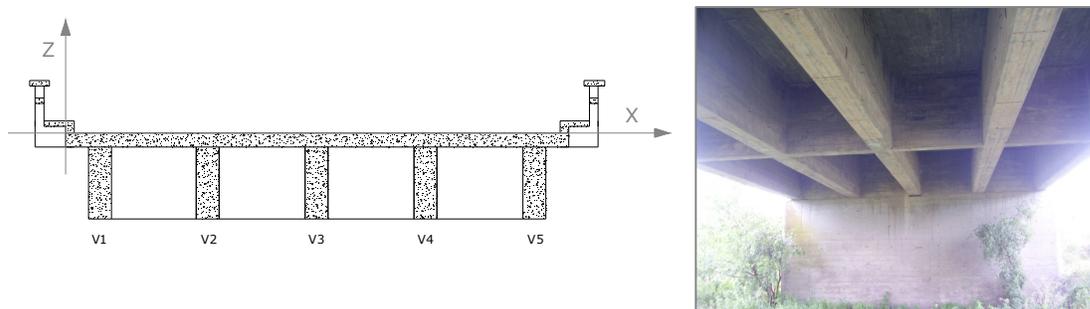


Fig. 11 Croquis esquemático del corte del puente, mostrando las cinco vigas.

Se observaron fisuras, en toda la longitud de las vigas, a distancias iguales o mayores a un metro entre sí, con espesores que varían de 0,075 mm a 0,1 mm. Las pruebas con esclerómetro, dieron un valor de rebote de 46.

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 (Fig. 12).



Fig. 12 Vista de oquedades superficiales por deficiencia en el detalle o posicionamiento de la armadura y barras de acero dejados como separadores (ventanas a la corrosión) (izq.). Oquedad en la cara inferior de una viga principal donde se ve el hierro expuesto al medio ambiente (der.).

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 cabezales:

Consta de dos estribos extremos y dos pilas interiores de hormigón armado in situ (Fig. 13).

Los cabezales poseen un recubrimiento inclinado de hormigón armado como sistema de protección.

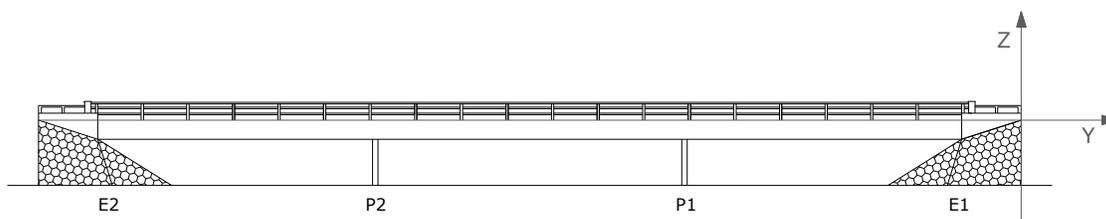


Fig. 13 Croquis de la vista lateral del puente donde se nombran los estribos y pilas.

Las pruebas de carbonatación hechas tanto en las vigas de borde sobre los estribos, como en el resto de las pilas dieron resultados negativos (Fig.14).



Fig. 14 Ensayos de carbonatación en las vigas de borde sobre los estribos.

En la pila P1, se observaron fisuras verticales.

La más importante, con espesor de 0,4 mm, 3 metros de longitud, habiéndose determinado una profundidad promedio de 167,3 mm. Se constataron fisuras que podemos considerar como normales, aunque deberá controlarse la abertura de las mismas periódicamente.

Esas fisuras con andamio vertical en algunas de las pilas, ubicadas en las caras (pantallas) perpendiculares al eje del puente, comienzan en el plano de unión con el cabezal (Fig.15).

Los tabiques de hormigón que conforman las pilas trabajan bajo un sistema tensional vertical, por lo que las fisuras de pequeña abertura de tendencia vertical no son de relevancia.

El ensayo con el esclerómetro arrojó un valor de rebote de 50.

En los estribos se observaron problemas de erosión, lo cual produjo deterioro de la protección del estribo E1 (Fig. 5(der.)).

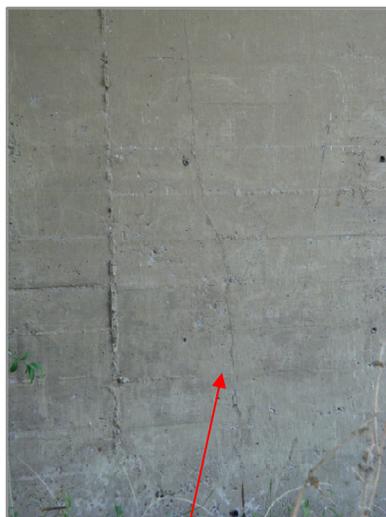


Fig. 15 Fisura longitudinal en una pila del puente.



Análisis del agua de contacto:

El arroyo, presenta olores nauseabundos, signos de problemas de contaminación.

Los análisis de laboratorio dieron los siguientes resultados:

*Residuos sólidos (total de sales solubles) = 700 p.p.m.

*Sulfatos = 80 p.p.m.

*Cloruros = 78 p.p.m.

*Ph = 7

El contenido máximo de ión cloruro (Cl⁻) en el hormigón endurecido establecido por el Proyecto CIRSOC 201 [1] en su Tabla 2.6, se muestra a continuación.

Hormigón	Condición de exposición en servicio	Contenidos máximos de ión cloruro (Cl ⁻) en el hormigón endurecido (IRAM 1 857)
		% en masa del cemento
Sin armar	Cualquier condición	1,20
Armado, con curado normal	Medio ambiente con cloruros	0,15
	Medio ambiente sin cloruros	0,30
Armado, con curado a vapor	Cualquier condición	0,10
Pretensado	Cualquier condición	0,06

En este caso se obtuvo 0,022% suponiendo un contenido de cemento de 350 kg/m³, lo que admite estimar que está dentro del máximo permitido.

Para el sulfato, se establece el siguiente grado de exposición [9]:

< 150 p.p.m.....leve

150 a 1500 p.p.m.....moderado

1500 a 10000 p.p.m.....severa

> 10000 p.p.m.....muy severa.

En este caso, el valor está por debajo de la clasificación de moderado, pero teniendo en cuenta las clasificaciones internacionales[6]: se puede considerar leve (< 150 p.p.m).

Los valores Límites de sustancias agresivas en aguas de contacto dados por el Proyecto CIRSOC 201 [1] en su Tabla 2.3, se muestran a continuación.

Estos valores son válidos para clima moderados, con temperaturas medias anuales iguales o menores que 25°C y aguas estacionarias o que se mueven lentamente (velocidad igual o menor que 0,8 m/seg.), como en este caso particular.



Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) (1)	Magnesio (Mg ²⁺) (2)	pH (3)	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO ₃ ²⁻) (4)	Amonio (NH ₄ ⁺) (5)
	mg/litro	mg/litro	-----	mg/litro	mg/litro
Moderado	150 a 1.500	300 a 1.000	6,5 a 5,5	15 a 40	15 a 30
Fuerte	1.500 a 10.000	1.000 a 3.000	5,5 a 4,5	40 a 100	30 a 60
Muy fuerte	Mayor de 10.000	Mayor de 3.000	Menor de 4,5	Mayor de 100	Mayor de 60
<small>(1); (2) y (3) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM que se redactará al efecto (4) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1 708. (Se encuentra en etapa de redacción el método para determinación de amonio).</small>					

CONCLUSIONES

No se obtuvo información del período de ejecución, ni de antecedentes en general.

En particular de los trabajos realizados en el Puente sobre Arroyo Calá, se pudo concluir que:

- Las resistencias superficiales en los diferentes elementos fueron uniformes, esto se puede inferir comparativamente por los valores arrojados en el ensayo con esclerometría.
- No se detectaron problemas de carbonatación.
- En el 75% de los elementos analizados se detectaron problemas de corrosión de armaduras causadas, en principio, por la suma de diferentes factores, tales como defectos constructivos (escaso o inexistente recubrimiento, coqueras, etc.), filtraciones y acumulación de agua. Comparándolos con el diagrama de Vida útil dado por Tutti (1982) (Fig.2), se puede concluir que el proceso de corrosión está en período de propagación.
- En cuanto a lo observado en las zonas inferiores de pilas: exposición de áridos por lixiviación de la pasta de cemento y armadura afectada, se están estudiando las posibles fuentes de soluciones ácidas.

De esta manera será factible recomendar la implementación de algunas de las múltiples medidas preventivas disponibles en el mercado, tales como el empleo de inhibidores de corrosión y/o de recubrimientos específicos.

Diversos trabajos de investigación han demostrado que el uso de PRF o materiales compuestos representa una solución efectiva en la rehabilitación de estructuras dañadas por corrosión [7], dado que los PRFs son químicamente inertes a los agentes que usualmente inducen corrosión y podrían mitigar entonces los problemas convencionales de las armaduras de acero.

También resulta necesario a los efectos de garantizar la seguridad de las estructuras de hormigón armado, cuyas armaduras han sido severamente



corroídas, no sólo reparar el daño, sino también evaluar la resistencia de los elementos de hormigón armado de acuerdo con el grado de corrosión de las barras de acero [8].

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección Provincial de Vialidad, a la Zonal IX Uruguay de la DPV, al Profesor Jorge Sota, asesor científico del proyecto, a las autoridades de la Facultad Regional Concepción del Uruguay, de la Universidad Tecnológica Nacional, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Reglamento CIRSOC 201, (2002). Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Argentina (en trámite de aprobación).
- [2] IRAM 11603 (1981). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- [3] (1998). Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado, Red temática XV.B “DURAR” (Durabilidad de la armadura) – CYTED.
- [4] CONTECVET (2002). Manual de Evaluación de Estructuras Afectadas por Corrosión de la Armadura, Geocisa – Instituto Eduardo Torroja. Madrid. España
- [5] Carrasco M.F., Defagot C.A., Ulibarrie N.O., Miretti R.E., Grether R.O., Segovia M.D., Marcipar A., (2007). Vida en Servicio de las estructuras de hormigón armado en la Región Centro-Este Argentina, Hormigón Vol 44, pags 15-28.
- [6] CYTED (2003). Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón Reparación, Refuerzo y Protección. Paulo Helene & Fernanda Pereira, Ed. São Paulo. Brasil. Pag. 129.
- [7] Sobhy Masoud, Khaled Soudki, (2006). Evaluation of Corrosion Activity in FRP Repaired RC Beams. Cement & Concrete Composites Vol 28, pags. 969-977.
- [8] Lee H., Kage T., Noguchi T., Tomosawa F., (2003). An experimental study on the retrofitting effects of reinforced concrete columns damaged by rebar corrosion strengthened with carbon fiber sheets, Cement and Concrete Research Vol. 33, pags. 563-570.