
Evaluación del estado de cinco puentes ubicados en la provincia de Entre Ríos, sobre la ruta provincial n. 39

M.I. Schierloh¹, R.F. Souchetti¹ y J.D. Sota²

¹ Grupo de Investigación en Rehabilitación de Estructuras, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional, e-mail: schierlm@frcu.utn.edu.ar, web: <http://www.frcu.utn.edu.ar>

² Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional.

RESUMEN

Se evaluó el estado de cinco puentes carreteros ubicados sobre la ruta provincial N° 39 en el centro de la provincia de Entre Ríos. Este trabajo forma parte de un proyecto de Inspección y Evaluación de Patologías en Puentes Situados sobre la Red Vial Provincial, Gestión de Mantenimiento. El objetivo se centró en determinar el origen de las manifestaciones patológicas, en clasificar y cuantificar el deterioro observado y en elaborar las recomendaciones para una adecuada Gestión de Mantenimiento. Así mismo, para el desarrollo del proyecto, se vio la necesidad de realizar un inventario de los puentes ubicados en la red vial de la provincia. Lo que confirmó la importancia de desarrollar un sistema de organización de datos relevados que permita aplicar en forma eficiente las medidas destinadas al mejoramiento de obras tan importantes para la conectividad vial como son los puentes.

Palabras clave: Puentes, Hormigón y Patologías

ABSTRACT

Five highway bridges located on Provincial Route 39 in Entre Rios province center has been assessed. This work is part of the project Inspection and Evaluation of Pathologies in Bridges, Maintenance Management. The objective was to determine the source and main mechanism of the problems, to qualify and quantify the observed deterioration and to develop appropriate recommendations for adequate Maintenance Management. Also an inventory of bridges in the Province road network was established. 75% of the structural elements show steel corrosion on the reinforced concrete bars showing the significance of the concrete cover and carbonation.

Keywords: Bridges, Concrete and Assessment.

Autor de contacto: M.I. Schierloh

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es parte de un proyecto de Investigación y Desarrollo que se lleva a cabo en la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional, en el cual se propone realizar inspecciones y evaluaciones de daños existentes sobre puentes carreteros de hormigón armado de la red vial provincial, con el objetivo de clasificar y cuantificar las diferentes patologías observadas para de esta manera actualizar o, en los casos que no exista información previa, dar forma a registros de estos datos, y en base a ello, poder desarrollar protocolo de mantenimiento y/o rehabilitación integrales.

Inicialmente se relevaron 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.

De los cuales 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.

Tabla 1: Localización de los puentes propuestos en el proyecto

UBICACIÓN DE PUENTES SOBRE RUTA 39		
Nº	NOMBRE PUENTE	Lat. / Long.
1	Arroyo Gualeguaychú	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

Los puentes evaluados se encuentran ubicados 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 se toma en consideración la clasificación de exposición dada por el Reglamento CIRSOC 201 (CIRASOC 201, 2013), 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 (IRAM 11603,1981), se puede decir que los puentes propuestos se ubican en la zona bioclimática IIb que corresponde a clima cálido con amplitudes térmicas menores que 14°C.

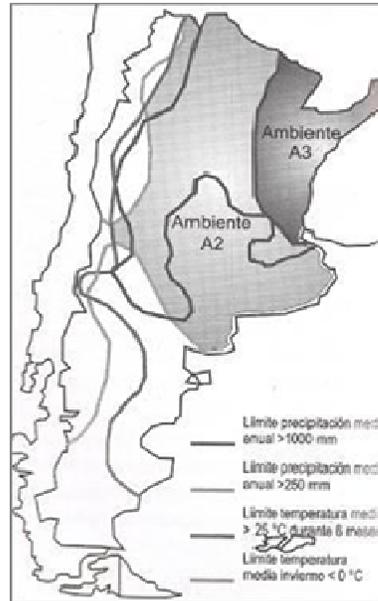


Figura 1: Ambientes A2 y A3, donde la carbonatación es el proceso de degradación predominante (Carrasco M.F., 2007).

2. CONDICIONES GENERALES PROCEDIMENTALES

2.1 Procedimientos de evaluación:

Para la evaluación de los puentes 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 (CYTED, 1998) y otros manuales que abordan la temática (CONTECVET, 2002) (CYTED, 2003).

Una vez reconocidas las estructuras (a través de la inspección preliminar), se realizó una división de ellas en zonas. Se dividió la composición de cada puente en dos partes estructurales (Superestructura e Infraestructura), cada una de las cuales, a su vez, contiene tres elementos diferenciados.

Superestructura: 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: 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.

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 (Carrasco M.F., 2007).

Evaluación del estado de cinco puentes ubicados en la provincia de Entre Ríos, sobre la ruta provincial nro. 39

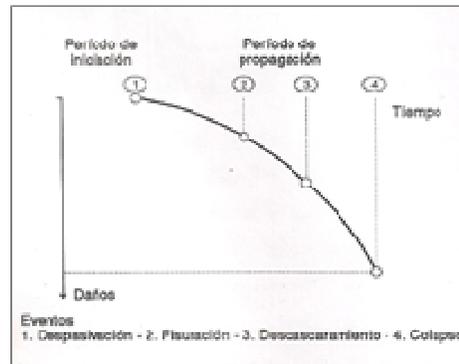


Figura 2: Tiempo de vida útil en estructuras, antes de reparar. Modelo simplificado de Deterioro del Acero en el hormigón (Carrasco M.F., 2007) ([Quién es Carrasco? Hay otros autores mucho antes de Carrasco con graficos bien mejores y mas entendibles](#)).

3. TAREAS DE RELEVAMIENTO

3.1 Inspección preliminar:

Para esta etapa se confeccionaron fichas de antecedentes de las estructuras, y fichas de descripción del medio. Según su destino o uso los cinco puentes son carreteros.

No se obtuvo información de los antecedentes en general, de ninguno de los puentes. Vale aclarar que los datos informados son los aportados por personal de vialidad provincial que participaron en la ejecución en algunos casos y en ampliaciones en otros.

3.1.2 Puente sobre Arroyo Cala: Construido de Hormigón Armado in situ, en el año 1978, con una longitud de 58-m, un ancho de calzada de 8,4m y una altura máxima de 4,7m. Compuesto por tablero de hormigón armado, con juntas de dilatación tipo tijera, barandas de hormigón; cinco vigas longitudinales, dos pilas y dos estribos. Es el puente de mayor antigüedad y en el cual se pudieron observar diferentes afectaciones.

3.1.3 Puente Alto Nivel sobre Vías de Ferrocarril: Fue construido en el año 1981. Esta compuesto por tablero de hormigón armado con capa de desgaste bituminosa, barandas defensas metálicas. Consta de cuatro vigas longitudinales post-tesadas in situ, tres pilas, dos estribos, con un ancho de calzada de 8,5m y una altura máxima de 9,8-m. Se pudo observar que la construcción del puente fue interrumpida, estando aún hoy, parte del encofrado utilizado, siendo notoria la falta de terminación, sin embargo no se observaron afectaciones que ameriten una inspección detallada.

3.1.4 Puente sobre Arroyo La Esperanza: su fecha de construcción no se ha podido determinar. Esta compuesto por tablero de hormigón armado con capa de desgaste bituminosa, barandas defensas metálicas. Consta de cuatro vigas longitudinales pre-moldeadas, dos estribos y dos pilas centrales las que a su vez están compuestas por cuatro columnas de hormigón armado cada una, situadas debajo de cada viga longitudinal. Su longitud es de 32 metros y un ancho de calzada de 8,4 metros. Se puede observar una estructura con pocos problemas constructivos y en buen estado general.

3.2.5 Puente sobre el Arroyo Gená: El puente fue construido en el año 1984. Consta de tablero de hormigón armado con carpeta de desgaste bituminosa, barandas defensas metálicas. Con un ancho de calzada de 8,4 m y una altura máxima de 8,1 m. Está formado por seis vigas longitudinales post-tesadas in situ, tres pilas y dos estribos. También en este puente se encontró parte de los encofrados utilizados, y falta de terminación en la construcción.

3.1.6 Puente sobre el Río Gualaguaychú: No se ha encontrado aún la fecha de construcción, se realizó una ampliación en el año 1984, tiene un largo de 187 m un ancho de calzada de 8,4 m y una altura máxima de 9,30 m. El tablero es de hormigón armado in situ, con barandas mixtas y visiblemente deterioradas, consta de 5 pilas y dos estribos.

De los cinco puentes inspeccionados, en dos de ellos se observaron las estructuras con pocos problemas constructivos y en buen estado en general, estos son: el puente Alto Nivel sobre las vías del ferrocarril en Basavilbaso y el puente sobre Arroyo La Esperanza, si bien en el primer caso se observaron faltas de terminaciones, signos de haber sido interrumpida la construcción antes de su finalización, no se detectaron manifestaciones patológicas que pongan de manifiesto la posibilidad de que se estén desarrollando procesos deletéreos.

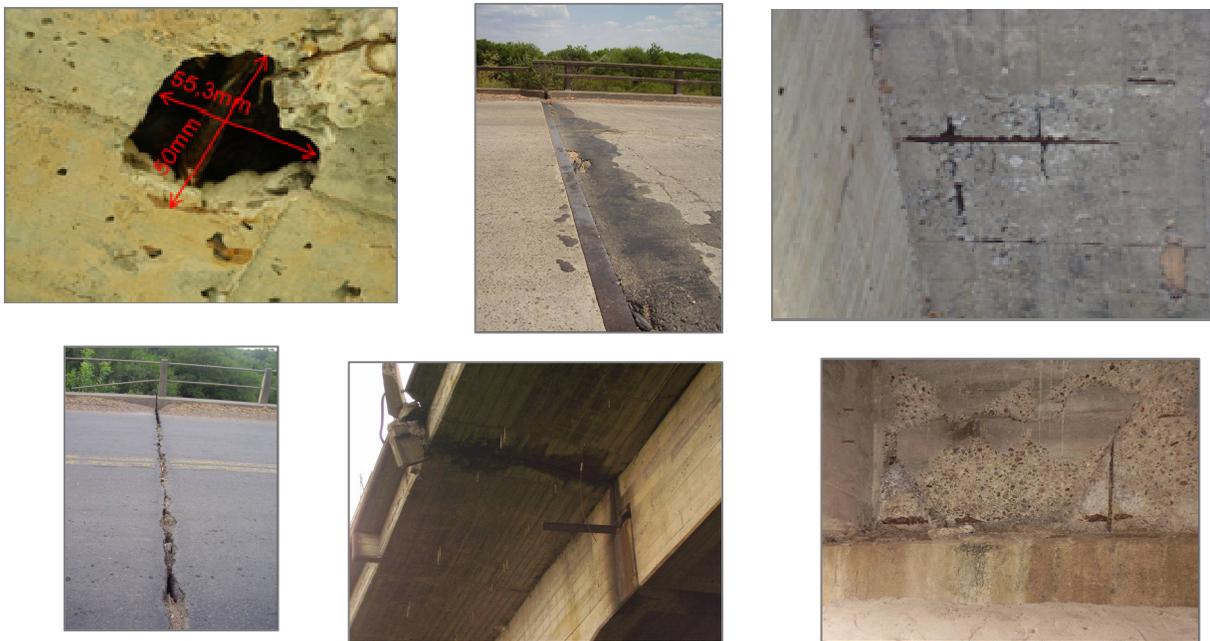


Figura 3: Diferentes afectaciones observadas.

En los tres restantes, si se apreciaron afectaciones de diferentes índoles, que ameritaron continuar con las inspecciones detalladas:

-Humedad y filtraciones. Las filtraciones de agua, a través de grietas o fisuras, ingresan al interior de la masa del hormigón, provocando el arrastre del hidróxido de calcio disuelto y otros componentes;

-Deterioro por desgaste e impactos en la losa del puente así como en las guarniciones. En la losa el desgaste se presentó con grietas y daños en las juntas de dilatación;

Evaluación del estado de cinco puentes ubicados en la provincia de entre ríos, sobre la ruta provincial nro. 39

- Armaduras descubiertas afectadas con diferente grado de corrosión, que se pudo observar del tipo generalizada;
- Fisuración y delaminación del hormigón del recubrimiento;
- Juntas de dilatación abiertas incompletas y sin terminación;
- Se observó resquebrajamiento y debilidad del hormigón característicos de la reacción álcali-agregado RAS;
- Deterioros provocados por colisiones y descarrilamiento de autos, etc., produciendo daños en las protecciones laterales.

3.2 Inspección detallada:

Inicialmente se comenzaron los trabajos en el puente sobre Arroyo Calá. Debido a la falta de antecedentes técnicos sobre la obra, se realizó un relevamiento geométrico de todos sus elementos. 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.

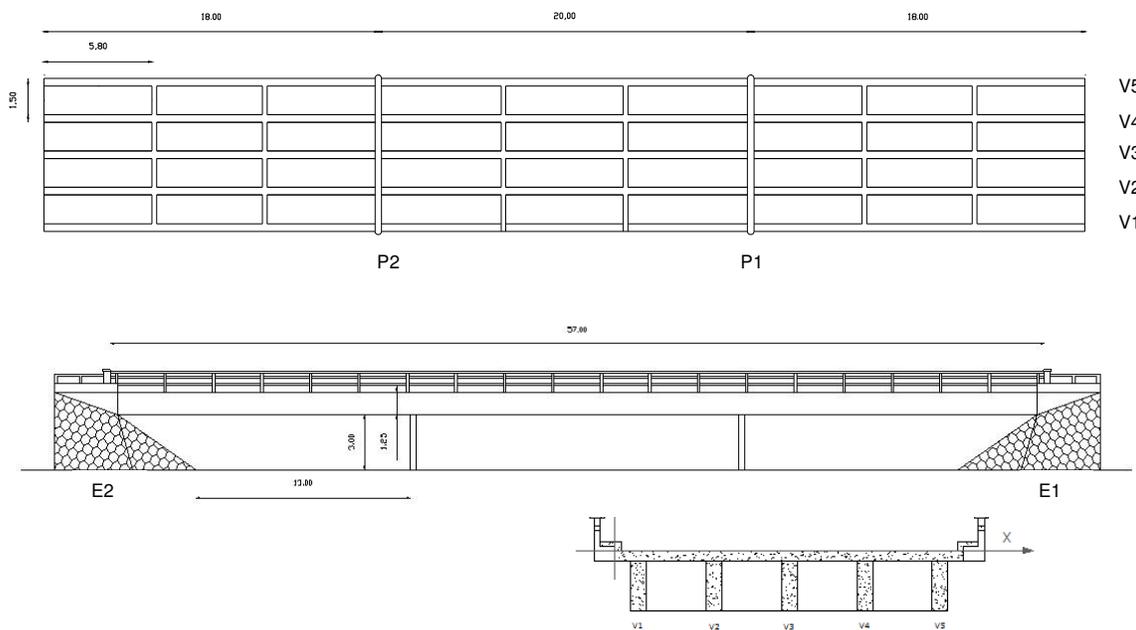


Figura 4: Croquis de la vista inferior, lateral y transversal del puente donde se nombran los estribos y pilas.

Se efectuó 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 utilizando la técnica colorimétrica (con solución indicadora de pH). Se hicieron, asimismo, mediciones de los potenciales electroquímicos de corrosión (E_{CORR}), (Tabla 2). Además se tomaron muestras de agua del arroyo para ser analizados en el laboratorio.

Tabla 2: Potenciales y velocidades de corrosión medidas

Punto	Elemento	y (m)	Vel. de corrosión ($\mu\text{A} / \text{cm}^2$)	Potencial (mV)	Resistencia Eléctrica ($\text{k}\Omega$)
1	E1		0,02	-25,6	3,80
2	V4	1,50	0,755	-91	10,07
3	V5	1,50	0,008	135,1	6,99
4	V4	1,50	0,02	28,3	5,34
5	V1	2,00	0,368	-73,1	7,49
6	V4	8,00	0,002	-48,5	17,40
7	V2	10,00	0,003	93,5	7,94
8	V2	7,00	0,134	57,2	5,60
9	V3	20,00	0,353	-70,7	6,85

Tabla 3: Inspección detallada en Puente sobre Arroyo Calá.

Elemento	Descripción	Estado General	Índice Escl.	Carbonatación <u>¿???IMP OSIBLE?</u>
Barandas	De hormigón armado, separado en cuatro tramos. Se encuentran fijadas a un voladizo angosto, unido al tablero central	Bueno. No presenta signos de deterioro.	46	No
Tablero	De hormigón armado in situ sustentado por cinco vigas longitudinales y dos voladizos, donde apoyan las barandas.	Sin capa de desgaste, fisurado, RAS, lixiviación y armaduras expuestas con procesos de corrosión. Juntas de dilatación inconclusas.	48	No
Vigas	De hormigón armado in-situ. Cinco vigas longitudinales, apoyadas en dos estribos extremos y dos pilas interiores, y dos vigas transversales por tramo, más una sobre cada estribo.	Fisuras, con espesores entre 0,075 mm a 0,1 mm. fallas constructivas, oquedades dejando armaduras principales expuestas al medio ambiente.	46	No
Pilas	Dos pilas interiores de hormigón armado in situ	Fisuras verticales en P1. Deberá controlarse la abertura periódicamente.	50	No
Cabezales	Dos estribos extremos de hormigón armado in situ, con cabezales inclinados recubiertos por hormigón como sistema de protección.	Se observaron problemas de erosión, lo cual produjo deterioro de la protección (descalce).	50	No

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 dió 0,022% suponiendo un contenido de cemento de 350 kg/m^3 , lo que resuelta 0,16% y admite estimar que está dentro del máximo permitido establecido por el Proyecto CIRSOC 201 (CIRSOC 201, 2013) en su Tabla 2.6.

En cuanto a los valores límites de sustancias agresivas en aguas de contacto dados por el Proyecto CIRSOC 201 (CIRSOC 201, 2013) en su Tabla 2.3, se encuentran por debajo de los correspondientes a moderado.

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.

3.2.1 Evaluación del Hormigón

3.2.1.1 Toma de muestras

Para la determinación de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los hormigones utilizados en los diferentes puentes, se extrajeron testigos de cada uno de ellos. Un total de 14 testigos (Figura 5). También se tomaron muestras de hormigón de recubrimiento, las que fueron destinadas a evaluaciones químicas.



Figura 5: Probetas extraídas para ensayo de compresión simple y RAS de los diferentes puentes.

3.2.1.2 Determinación del avance de la carbonatación

La profundidad de carbonatación fue evaluada sobre los testigos extraídos y en ventanas abiertas, así como también en zonas afectadas donde se podía ver la armadura afectada. La técnica utilizada fue la de teñido de la superficie del hormigón con una solución indicadora ácido-base al 1% de fenolftaleína en alcohol, conforme a lo indicado por el DURAR (CYTED, 1998). El avance de la carbonatación se obtiene como el valor medio de 10 lecturas por testigo. Al momento de hacer las mediciones y sobre los testigos la profundidad medida no fue significativa.

3.2.1.3 Determinación de propiedades fisico-mecánicas (PFM)

A los efectos de valorar la resistencia mecánica, la mayor parte de los testigos extraídos se sometieron a ensayo de compresión monoaxial hasta rotura. En la Tabla 4 se informan los valores de las tensiones características estimadas para los distintos puentes. También se determinó la

porosidad y densidad, propiedades que contribuyen a evaluar la calidad del hormigón. Las técnicas de ensayo y los valores de referencia utilizados son los indicados por el DURAR (CYTED, 1998). En la Tabla 4 se informan los valores correspondientes a densidad seca y porosidad.

Tabla 4: Valores de resistencia estimada (f'_{cest}), densidad (D_s), porosidad (P),

Puentes	f'_{cest} [MPa]	D_s [kg/m³]	P [%]
Calá	26	2460	6
S/Ferrocarril	21	2290	11
Gená	23	2300	7
Gualeguaychú	28	2370	9

4. CONCLUSIONES

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

Del análisis de los resultados de las propiedades físico-mecánicas surgen las consideraciones que se mencionan a continuación:

- Los valores de resistencia resultan adecuados para el tipo de elementos estructurales analizados. El 63% de los valores superan los 20 MPa de resistencia.

-Respecto de la densidad, los valores resultan del orden del asociado a un hormigón de características normales (alrededor de 2300 kg/m³).

-Los resultados de porosidad indican, según el DURAR (CYTED, 1998), que se trata de hormigones de buena a moderada calidad. Valores menores al 10% se asocian a hormigones de buena calidad, los comprendidos entre el 10% y el 15% a hormigones de moderada calidad y superiores al 15% a hormigones de durabilidad inadecuada.

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 [Esto es un absurdo! Mejor decir: todos los problemas de corrosión son debidos al fenomeno de carbonatación.](#)

-El valor medio de la resistencia a compresión simple de probetas extraídas fue mayor a 20Mpa, [max min desviación standard?](#)

-En el 75% de los elementos analizados se detectaron problemas de corrosión de armaduras causadas por defectos constructivos (escaso o inexistente recubrimiento, coqueras, etc.), falta de recubrimiento, fisuración, filtraciones y acumulación de agua o ausencia de drenaje.

Evaluación del estado de cinco puentes ubicados en la provincia de entre ríos, sobre la ruta provincial nro. 39

Comparándolos con el diagrama de Vida útil dado por Tutti (1982), se puede concluir que el proceso de corrosión ya 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.

5. 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, al Ingeniero Luis Traversa Director de los Laboratorios LEMIT por su colaboración en la extracción de núcleos y elaboración de las secciones delgadas, y 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.

6. BIBLIOGRAFÍA

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, pp 15-28.

CIRSOC 201, (2013). “Reglamento argentino de estructuras de hormigón.”, Centro de investigación de los reglamentos nacionales de seguridad para las obras civiles, Argentina.

CONTECVET. (2002). “Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura”, Geocisa – Instituto Eduardo Torroja. Madrid. España.

CYTED. (1998). “Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado”, Red temática XV.B “DURAR” (Durabilidad de la armadura).

CYTED. (2003). “Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón reparación, refuerzo y protección”. Editores Paulo Helene &Fernanda Pereira. Pag. 129.

IRAM 11603, (1981). “Acondicionamiento térmico de edificios. clasificación bioambiental de la república argentina”. Insituto de Racionalización Argentina de Materiales. Argentina.

CURRÍCULUM



Schierloh María Inés, Magister en Ingeniería, Ingeniera en Construcciones. Docente e Investigadora en temas de Tecnología de Materiales, Tecnología del Hormigón, Metodología de Investigación. Fundadora y actual Co-directora del Grupo de Investigación en Rehabilitación de Estructuras, del Departamento Civil en la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional. Entre Ríos. Argentina.