

ESTUDIOS TECNOLOGICOS VINCULADOS CON LA RECUPERACION DEL PATRIMONIO ARQUITECTONICO

TRAVERSA, L.P. * y VITALONE, C. **

RESUMEN

En este trabajo se sintetizan actividades desarrolladas en el LEMIT relacionadas con estudios de las características de los materiales y/o las patologías de construcciones ejecutadas en la Prov. de Bs. As. a fines del s. XIX y principios del XX. También se hace referencia a técnicas y métodos para su restauración, reciclaje y/o refuncionalización.

INTRODUCCION

La conservación del patrimonio construido es una disciplina que ha cobrado importancia durante las últimas décadas. El creciente deterioro a que se ven sometidos, por diversas causas, los edificios y sitios heredados de generaciones anteriores, llevó a la toma de conciencia acerca de la necesidad de su preservación. Tal necesidad se funda en la convicción de que esos bienes resultan testimonios tangibles del pasado, de la historia que identifica y caracteriza a un grupo humano, sea a nivel nacional, regional o local. Constituyen nexos entre sucesivas generaciones garantizando, conjuntamente con el patrimonio cultural intangible, la preservación de la identidad de una comunidad.

El conjunto de obras - arqueológicas, arquitectónicas, escultóricas, pictóricas, etc. testimonios de la actividad desarrollada por una sociedad en un determinado período histórico conforman el patrimonio cultural y su conservación se fundamenta en los valores que la misma le atribuye para legarla a las futuras generaciones. En el caso argentino, los procesos de recuperación y preservación del patrimonio cultural abarcan desde construcciones de los períodos prehispánico e hispánico (inventarios y acciones de conservación en construcciones del noroeste del país, por ejemplo) hasta las ejecutadas a fines del siglo XIX y principios del XX que, en los últimos años, han recibido un tratamiento particular.

ALGUNAS INTERVENCIONES EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

La Provincia de Buenos Aires posee un rico y diversificado patrimonio construido correspondiente a diferentes épocas de su historia así como a distintos tipos funcionales y técnicos, no siempre suficientemente valorado.

* * Investigador CIC-LEMIT. Profesor Fac. Ing. UNLP.

** Investigador CIC. Consultor PNUD Arg/95/013

La preservación de este importante legado resulta, entonces, una acción fundamental para la valoración de su identidad cultural a la vez que contribuye, mediante la utilización de procedimientos de restauración, reciclaje y/o refuncionalización de los bienes, a satisfacer las necesidades comunitarias en cuanto a las demandas de equipamiento social. En este orden los estudios vinculados con el deterioro de los diferentes materiales y/o partes componentes de los edificios como así también los referidos a las técnicas y métodos más adecuados para su tratamiento abren un rico y diversificado campo a la investigación científica y tecnológica.

En este trabajo se exponen, a modo de ejemplo, algunas de las actividades desarrolladas en los últimos años, en el LEMIT, relacionadas con las tareas de evaluación para determinar las características de los materiales y/o patologías en ejemplos seleccionados de la provincia de Buenos Aires correspondiente a obras públicas de fines del siglo XIX y mediados del XX. Los ejemplos se corresponden a estudios realizados en obras ejecutadas en diferentes momentos históricos, tanto en lo vinculado con los materiales y tecnologías empleadas como por las condiciones ambientales - humedad, temperatura y presencia de agentes contaminantes - a las que estuvieron sometidas.

Se exponen estudios efectuados para caracterizar a los materiales empleados en molduras de un edificio construido entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX, evaluaciones sobre cultivos biológicos detectados en estructuras diseñadas por el Arq. Francisco Salamone y estudios sobre corrosión de armaduras en una estructura construida en las primeras décadas del siglo XX que hacían pensar en problemas de estabilidad estructural vinculados con dicha patología.

a.- Estudios tecnológicos sobre desprendimientos de molduras y gárgolas.

En muchos casos los edificios que tienen por sus características un interés particular presentan patologías en algunos de sus elementos como molduras, revoques, etc., que afectan relativamente el uso actual pero en los cuales es aconsejable ejecutar operaciones de menor envergadura para la puesta en valor de la construcción.

A continuación se informa, los estudios realizados para evaluar las causas de las patologías que originaron los desprendimientos de sectores de molduras y gárgolas de una construcción declarada Monumento Histórico Provincial, ubicada en la ciudad de La Plata, cuya erección se inicia un año después de su fundación (Año 1882).

Observaciones visuales: En las muestras del material desprendido de las molduras, identificado como un mortero cementíceo, se observan manchas y depósitos de herrumbre en coincidencia con improntas dejadas por los refuerzos metálicos.

Al microscopio óptico, no se observan alteraciones atribuibles a posibles reacciones deletéreas entre los materiales constituyentes del mortero.

Materiales constituyentes del mortero: Mediante ataque con ácido clorhídrico se detectó un porcentaje de material remanente en el mortero del orden del 45 % en peso. El porcentaje restante corresponde al material cementíceo hidratado y al anhídrido carbónico que participa en el proceso de carbonatación del material.

El análisis mineralógico realizado sobre el residuo insoluble indica que se trata de una arena sílico-feldespática, cuyos porcentajes promedio de minerales constituyentes se indica en la Tabla 1. En la misma Tabla, se informan valores promedio correspondientes a arenas de similares características mineralógicas que pueden obtenerse actualmente en el mercado.

Tabla 1: Porcentajes promedio de minerales y rocas en arenas.

Minerales y rocas	Porcentaje (en peso)	
	Arena en Estudio	Arena en Mercado
Cuarzo	54.0	71.8
Feldespato potasio	34.5	22.2
Plagioclasas	8.5	---
Piroxenos	1.0	---
Gránate	1.5	---
Minerales opacos	0.5	---
Rocas graníticas	---	4.1
Rocas metamórficas	---	1.9

Caracterización tecnológica de morteros: Sobre los morteros se determinó la densidad en condiciones de saturado y superficie seca, la absorción por inmersión en agua durante 24 hs., la humedad natural y la resistencia cilíndrica de rotura a compresión ($f'c$) cuantificada sobre cilindros calados del material (\varnothing 2,5 cm y $h/d = 2$). En la Tabla 2 se informan los valores promedio obtenido.

Complementariamente, se determinó la profundidad de carbonatación, mediante teñido con fenolftaleína en solución alcohólica al 1%, midiéndose profundidades del orden de 2 a 3 cm; en alguno de los casos la carbonatación llega hasta la impronta dejada en el mortero por el refuerzo.

Tabla 2: Características físico-mecánicas de los morteros.

Características	Mortero
Densidad (sss)	2.10
Absorción 24 hs. (%)	7.2
Humedad natural (%)	2.3
$f'c$ (MPa)	17.5

Análisis de la información disponible: El material constitutivo de los desprendimientos corresponden a un mortero cementíceo elaborado con una arena silico-feldespática. Las características mineralógicas de la arena indican que no es reactiva con los álcalis del cemento portland, situación que se verifica en el mortero ya que no se observan signos de reacción. Las arenas silico-feldespáticas que se pueden encontrar actualmente en el mercado presentan, con respecto a la empleada, características diferenciadas en cuanto a su composición mineralógica.

El mortero tiene una elevada porosidad, puesta de evidencia en los valores de absorción obtenidos, lo cual debe ser el factor determinante de los espesores de carbonatación que presenta el material. Además, debe mencionarse que la resistencia promedio de rotura a compresión debe considerarse, por la edad del material, como baja y coincidente con su elevada porosidad.

Las manchas y depósitos de herrumbre detectados en los desprendimientos, indican que los refuerzos metálicos incorporados en su masa, han sufrido un proceso de corrosión, originado en la pérdida de alcalinidad del material por carbonatación. Debe recordarse, que los procesos corrosivos incrementan sensiblemente el volumen de los refuerzos metálicos sometiendo al material que lo rodea a tensiones de tracción que cuando superan la resistencia, producen su fisuración y posterior desprendimiento.

En base de la información disponible, puede plantearse que el empleo de un mortero de alta absorción y baja resistencia, ha originado el proceso corrosivo de los refuerzos metálicos y consecuentemente la fisuración y desprendimiento del material que conforma las molduras y gárgolas. Es conocido que cuando se inicia el proceso corrosivo de barras metálicas empotradas en materiales cementíceos, es difícil que el mismo se detenga, si no se modifican las condiciones que le dieron origen.

Recomendaciones de técnicas para la restauración: La técnica de reparación recomendada para los elementos afectados por procesos corrosivos en los refuerzos metálicos, consiste en las siguientes tareas:

- ◆ Remoción mediante picado del material flojo y/o fisurado.
- ◆ Eliminación del óxido de los refuerzos.
- ◆ Protección de los hierros con una capa de antióxido pasivante.
- ◆ Imprimación del mortero con un agente de unión mortero fresco-mortero endurecido.
- ◆ Reconstitución de las formas de las molduras y/o gárgolas con un mortero de características similares al original en cuanto a los materiales y dosificación.
- ◆ Colocación de una pintura incolora impermeabilizante. Tal pintura debe demostrar una adecuada adherencia al sustrato, alta resistencia a la intemperie y que pueda absorber pequeños movimientos de contracción y/o dilatación del material.

Debe mencionarse que las tareas de reparación de elementos afectados por corrosión es compleja y que el éxito de las mismas depende no sólo de la calidad de los materiales utilizados sino, y fundamentalmente, de la mano de obra empleada en su ejecución. Por otra parte, la unión de un material de edad avanzada con otro nuevo es siempre problemática, ya que los mismos tienen comportamientos diferenciados respecto a los procesos de decoloración, movimientos por efectos de contracción, etc.

Como alternativa a las tareas de reparación antes mencionadas, puede plantearse (para algunas de las molduras y gárgolas, fundamentalmente para las más afectadas), su reemplazo por otras ejecutadas con materiales de similares características o empleando otros que visualmente resulten compatibles con los existentes. En cualquiera de las alternativas de restauración planteadas, debe evidenciarse la intervención realizada.

b.- Estudios sobre cultivos biológicos.

A lo largo del tiempo muchas de las estructuras que conforman el patrimonio arquitectónico presentan en sus superficies expuestas distintos tipos de organismos vivos, en particular microorganismo (algas, hongos, líquenes y bacterias). Si las condiciones del sustrato lo permiten, también, pueden crecer vegetales, por ejemplo helechos, como ocurre en algunas construcciones de ladrillos a la vista ejecutadas en la Pcia. de Buenos Aires a fines de siglo XIX.

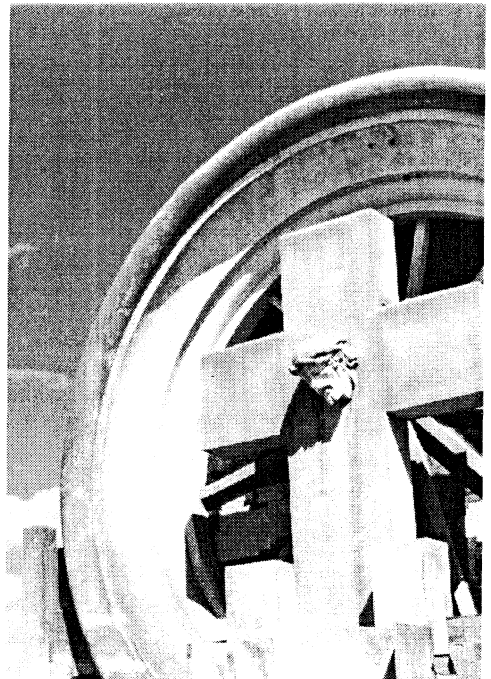
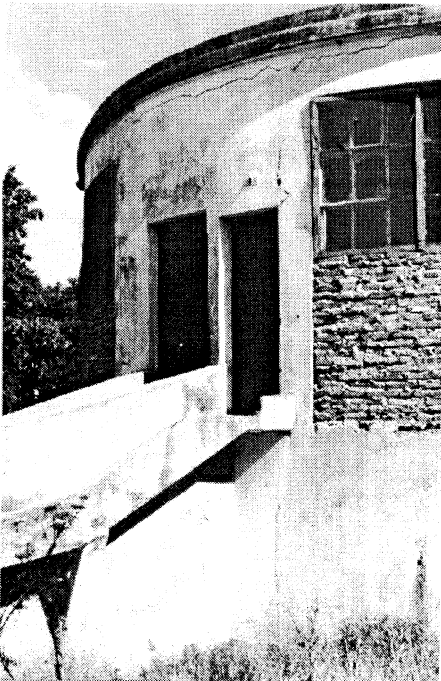
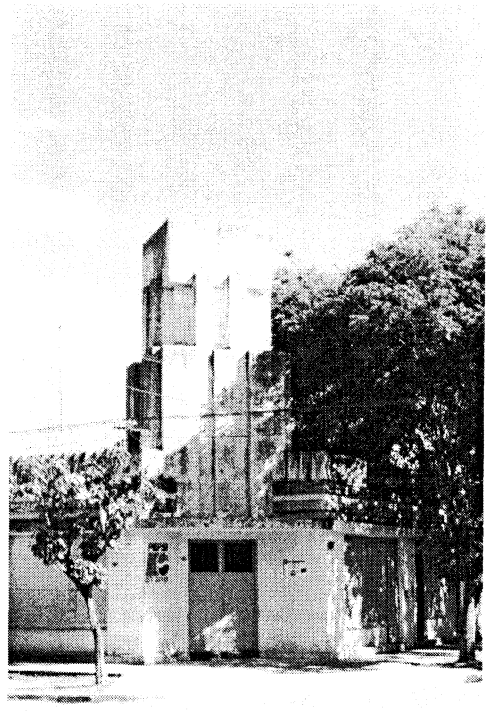
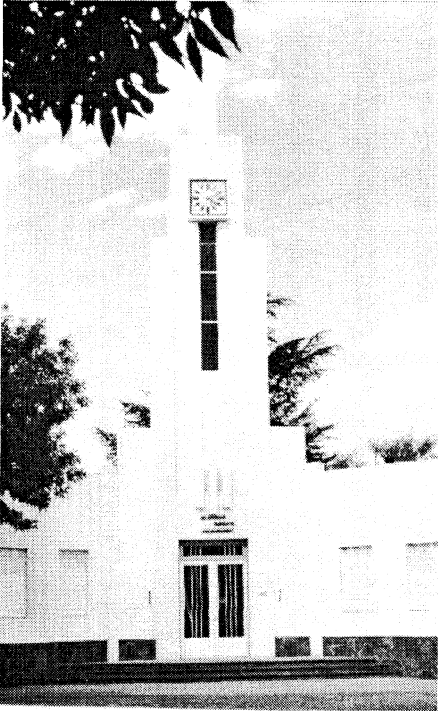
A modo de ejemplo se presentan estudios realizados en estructuras diseñadas por el Arq. Francisco Salamone. El plan provincial de construcción de obra pública de la gobernación de Manuel Fresco (1936-1938) incluyó, entre otras la realización de palacios municipales, mercados, cementerios y mataderos, en distintas localidades de la Pcia. de Buenos Aires. A esta gestión de obras aparece ligada la figura del arquitecto e ingeniero Francisco Salamone autor, según relevamientos efectuados hasta el momento, de aproximadamente sesenta y siete proyectos en la Provincia de Buenos Aires y en Saldungaray, particularmente, de la Delegación, Matadero, Cementerio, Mercado Municipales y Mástil de la Plaza Principal, obras realizadas en el año 1938.

La arquitectura de Francisco Salamone, personal e irreplicable, recorrió el bagaje futurista, funcionalista, expresionista o neo colonialista como medios expresivos de su temperamento y sensibilidad, sumados a las raíces académicas de su formación manifiesta en la utilización de la simetría, los trazados geométricos y la composición axial en la organización de los espacios. Entre estas obras se destacan los portales de los cementerios de Salliqueló, Laprida, Azul o Saldungaray, caracterizados al igual que toda su obra por una gran innovación estética.

Observaciones visuales: En la fachada del cementerio de Saldungaray se observa la presencia de crecimientos biológicos de significación que deterioran sensiblemente la estética de la estructura, detectándose complementariamente una alteración superficial del sustrato (hormigón). También se observa que los líquenes no se desarrollan en las proximidades de las fisuras que presenta la estructura de hormigón, situación que puede ser atribuible al aumento del pH del material en las cercanías de las mismas, causado por la lixiviación del hidróxido de calcio generado en la hidratación de cemento portland. La especie encontrada se identifica como *Caloplaca aff. citrina*.

La situación comentada no se verifica en la Delegación Municipal que está adecuadamente conservada ni en el Mercado, que aún continúa con su función original. Respecto al Matadero puede plantearse que el mismo se encuentra en un estado total de abandono y que ha sufrido modificaciones estructurales a lo largo de los últimos años

Vista de las obras del Arq. F. Salamone en Saldungaray



Observaciones al microscopio de barrido: Según las observaciones realizadas, la especie *Caloplaca aff. citrina*, del tipo calcícola endolítica, actúa sobre el sustrato por vía de una acción mecánica, ya que las hifas o filamentos del micobionte (hongo constituyente del líquen) penetran en el hormigón, ejerciendo una acción destructiva de carácter mecánico. Además, se observa que no existe aglutinante cementíceo entre los granos de arena, por lo que, también, debe considerarse la existencia de una acción química originada en los ácidos secretados por los líquenes.

Recomendaciones de técnicas para la restauración: De las observaciones realizadas, surge que el tratamiento de las superficies colonizadas por líquenes endolíticos con fines de restauración es complejo. La eliminación mecánica de los talos endolíticos, por su propia naturaleza, implica la abrasión de un estrato superficial de espesor variable, lo cual tampoco resulta, en muchos casos, aconsejable. Sin embargo, en cada caso en particular deben ser analizadas las ventajas e inconvenientes que ocasiona el tratamiento a emplear en su eliminación. Los métodos empleados deben ser adecuadamente analizados en laboratorio y "in situ", para que la decisión adoptada no afecte a la obra, que es un objeto único e irrecuperable.

c. Estudios sobre corrosión de armaduras.

Las construcciones de hormigón de interés arquitectónico, pueden presentar distintas patologías a través de su vida útil, en particular las vinculadas con la corrosión de sus armaduras por procesos de carbonatación del hormigón de recubrimiento o por la acción de iones cloruros presentes en ambientes industriales o marinos. A modo de ejemplo de los estudios realizados en el LEMIT para evaluar dicha patología, se presenta un caso que reviste particular interés.

Los elementos estructurales que conforman el alero, de un edificio público, sito en la ciudad de La Plata, englobado en la corriente racionalista, presentaba luego de más de 50 años de construido importantes problemas de corrosión. Esta situación hizo necesario proceder a un estudio integral para determinar las causales de las patologías observadas, la afectación de su estabilidad estructural y las posibles técnicas de reparación.

El alero está conformado por una serie de vigas invertidas en voladizo de altura variable, en las cuales se apoyan losas. En los extremos laterales del alero, en la parte superior y como un refuerzo realizado con posterioridad, existe un sistema metálico que actúa como retención de dichos sectores.

Observaciones visuales: Durante la inspección visual, se detectaron signos de corrosión en las armaduras de las vigas, en particular las armaduras secundarias. Se observaron procesos de corrosión incipientes (fisuración del revestimiento y presencia de manchas de óxido) y otros en estadios más avanzados (desprendimiento del recubrimientos y disminución de sección de las barras).

Las armaduras que actúan como estribos tienen un recubrimiento de hormigón menor de 10 mm. Cuando se procedió a descubrir las armaduras, se observó, en alguna

de ellas, un ataque superficial con la formación de los productos característicos de corrosión del hierro (óxido hidratados del metal) mientras que en otros casos, se detectó un estado de oxidación avanzado, que ha originado una sensible pérdida de sección. Las manchas de herrumbre sobre el mortero superficial, que siguen el camino de las varillas, advierten sobre el proceso corrosivo desarrollado.

El alero se halla recubierto, en su parte superior, con una capa bituminosa con terminación de pintura reflectante. El bitumen se halla en grandes zonas desprendido, habiendo perdido su adherencia al hormigón con la aparición de grandes bolsas de aire por donde ha tenido fácil acceso el agua de lluvia, lo cual ha originado manchas de humedad que se observan en la superficie inferior del voladizo.

Caracterización de los materiales: A fin de caracterizar tecnológicamente a los materiales empleados en la ejecución del alero, se realizaron experiencias "in situ" y sobre muestras de hormigón y de revoque, extraídas de sectores elegidos al azar.

- ♦ **Evaluaciones in situ:** El grado de uniformidad del hormigón, se analizó mediante la determinación de las velocidades de propagación de ondas ultrasónicas. En la Tabla 3 se informan, a modo de ejemplo, las velocidades promedio determinadas sobre algunas de las vigas que conforman el alero.
- ♦ **Evaluaciones sobre muestras de hormigón:** Con el equipo portátil con broca diamantada rotativa se procedió a extraer muestras de hormigón de la zona central de dos vigas. Se obtuvieron probetas cilíndricas, con un diámetro de 10 cm. y una altura igual al ancho de la viga en el sector de extracción. Sobre el hormigón endurecido se determinó la densidad seca y superficie seca, absorción de agua (24 horas) y la resistencia cilíndrica de rotura a compresión ($f'c$). En la Tabla 3, se informan los resultados obtenidos.

La identificación mineralógica del árido grueso, utilizado en la elaboración del hormigón, indica que se trata de rodados de areniscas, cuarzo y algo de calcedonia y fragmentos de rocas graníticas (migmatitas) y el fino se identifica como una arena silico-feldespática. Los áridos no presentan signos de alteración deletérea atribuible a posibles reacciones con los álcalis del cemento portland.

Tabla 3: Características físico-mecánicas de hormigones y revoques.

Evaluación	Muestra	Densidad	Ab. Agua (%)	Sulfatos (%)	Cloruros (%)	Velocidad (Km/seg)	$f'c$ (MPa)
"in situ"	Viga 1	---	---	---	---	3.33	---
	Viga 2	---	---	---	---	3.47	---
	Viga 3	---	---	---	---	2.83	---
	Viga 4	---	---	---	---	3.70	---
Hormigón	Test. 1	2.23	5.5	---	---	3.47	18.0
	Test. 2	2.20	5.8	---	---	3.75	21.3
Revoque	1	1.95	7.2	0.83	0.001	---	---

- ◆ **Evaluaciones sobre muestras de revoques:** Considerando que el revoque que cubre las vigas, tenía un aspecto poroso y fácilmente desmenuzable, se procedió a extraer muestras en distintos sectores para su posterior ensayo. En la Tabla 3 se informan los resultados promedios de las evaluaciones realizadas.

Análisis de la información disponible: Del análisis de los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas "in situ" (método ultrasónico) y de las resistencias determinadas en laboratorio surge que el grado de uniformidad del hormigón puede ser calificado, en líneas generales, como aceptable.

La densidad del hormigón indica, comparándola con resultados de hormigones realizados con el mismo tipo de agregado, la existencia de un porcentaje elevado de vacíos. Además, la absorción del hormigón es algo elevada y coincidente con los valores de resistencia determinados.

El revoque presenta en el momento de su evaluación características inadecuadas, en particular, debe hacerse notar el elevado contenido de sulfatos solubles, situación que puede ser atribuida a la incorporación de yeso durante su ejecución o a una contaminación posterior originada por emanaciones industriales. Si bien la posible fuente de contaminación se encuentra ubicada a más de 10 Km. de la estructura, la dirección predominante de los vientos puede haber desencadenado la situación antes mencionada.

Por lo expuesto, puede plantearse que el proceso de corrosión de las armaduras debe ser atribuido fundamentalmente a que no se han observado los espesores mínimos de recubrimiento de hormigón y que el revoque, que también actúa como pantalla frente al ingreso de los agentes desencadenantes de la corrosión (oxígeno y humedad), no ha cumplido su función. A igualdad de condiciones de calidad del hormigón, la resistencia a la penetración de los factores agresivos del medio ambiente a las armaduras será más elevada cuanto mayor sea el espesor del recubrimiento.

Recomendaciones de técnicas para la restauración: A pesar que no se han observado fisuras del tipo estructural que hagan pensar en un funcionamiento deficiente, resulta aconsejable realizar un recálculo estructural, del cual surgirá la necesidad o no de recurrir a la ejecución de refuerzos para restituir la seguridad.

Con respecto a la reparación de las zonas afectadas por procesos de corrosión, se recomienda utilizar procedimientos experimentados y que han dado resultado en la prolongación de la vida útil de estructuras afectadas con problemas similares.

CONSIDERACIONES FINALES

La preservación del patrimonio constituye una especialidad en la que concurren diferentes campos del saber e implica una labor interdisciplinaria que reclama del intercambio de conocimientos y experiencias. En un aspecto particular de este intercambio se constituyen los estudios sobre el deterioro de los materiales utilizados en

diferentes momentos históricos y los vinculados con los métodos y técnicas para su adecuado tratamiento cuando se encuentran afectados. Ambas líneas de trabajo, tienden a unir los aspectos teórico-doctrinarios con aquellos referidos a la tecnología y los procedimientos para la rehabilitación de los componentes del patrimonio cultural. En este sentido, la labor desarrollada por las diferentes áreas del conocimiento en el campo de la preservación del patrimonio arquitectónico bonaerense, debe ser complementaria en acciones y esfuerzos para el cumplimiento de los siguientes objetivos básicos:

- Contribuir a la identificación y valorización de la identidad cultural bonaerense a través de la preservación de su patrimonio arquitectónico.
- Alentar el uso y la explotación racional del patrimonio cultural.
- Desarrollar métodos específicos de estudio, diagnóstico e intervención para el rescate del patrimonio construido.
- Promover la capacitación de recursos humanos en el campo de la tecnología aplicada a la preservación del patrimonio.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un Proyecto de Investigación financiado con subsidios otorgados por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT).

BIBLIOGRAFIA

- (1) "Preinventario del Patrimonio Cultural de la Región Capital de la Prov. de Bs. As". Proy. PNUD Arg/95/013. Subs. As. Munic. e institucionales. Min. Gobierno, 1998.
- (2) "La Modernidad en la Pampa Bonaerense: los edificios para mataderos municipales de Francisco Salamone". Unidad de Invest. N 10. Inst. de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UNLP. 1997.
- (3) "Algunas consideraciones sobre la colonización de líquenes en las superficies del hormigón". Traversa, L. y Rosato, V. Ciencia y Tecnología del Hormigón N 6. 1998.
- (4) "Patrimonio arquitectónico de La Plata". Ed. Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y del Urbanismo. Ediciones ARX. La Plata. 1984.
- (5) "Patología de estructuras de hormigón: Análisis de algunos de los casos más relevantes ocurridos en la Argentina en los últimos años". Di Maio, A., Sota, J. y Traversa, L. Proc. III Cong. Iberoamericano de Patología de la Constr. y V Cong. Iberoamericano de Control de la Calidad. La Habana, Cuba. 1995.
- (6) "Perfil científico-tecnológico de la ciudad de la Plata. Pasado, presente y futuro". Di Maio, A. y Traversa, L. Jornadas La Plata: de la Ciudad Antigua a la Ciudad Nueva. La Plata, 1992.
- (7) "Rehabilitación del patrimonio arquitectónico: La participación del LEMIT en la recuperación de construcciones de interés cultural en la Prov. Bs. As". Traversa, L. y Vitalone, C. Proc. Encuentro sobre el buen uso del patrimonio. ICOMOS Mercosur. Córdoba, 1998.