

EVALUACION SISTEMATICA DE LA DEGRADACION DE MATERIALES SOMETIDOS AL INTEMPERISMO

Grether, R. O.¹, Carrasco, M.², Yanantuoni, L.³, Mendez, M.³, Peter, C.³,
Suarez, M.³, Toro, S.³ y Beltramini, L.³

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI)
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Reg. Santa Fe.
Tel.: 342 4697728 – 4602390/ 1579/8531 – Int. 219 Fax: 342 4697728 / 4690348.
cecovi@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

La necesidad de actividades de restauración y conservación del patrimonio deriva de la acción agresiva que ejercen los agentes ambientales sobre los materiales de construcción.

En la actualidad, existen numerosos proyectos destinados a evaluar el comportamiento de estos materiales en ambientes de elevada agresividad, tales como las atmósferas marinas e industriales. Sin embargo, no se conocen iniciativas similares que estén orientadas al estudio de los deterioros que se producen en climas menos severos, y que en nuestro país representan las condiciones de una extensa región.

Por otra parte, para diseñar las medidas de reparación y conservación de las construcciones resulta indispensable contar con herramientas que permitan evaluar en forma sistemática el comportamiento de los materiales y la evolución de los deterioros que ellos sufren, a fin de determinar las causas de degradación. Posteriormente, estas mismas herramientas deben permitir monitorear la efectividad de los métodos de reparación aplicados.

Los profesionales que desean conocer con certeza el comportamiento de los materiales ante el paso del tiempo y su respuesta ante las distintas condiciones de exposición deben recurrir a datos suministrados por el fabricante o antecedentes existentes en la bibliografía específica y provenientes de investigaciones realizadas al respecto. Muchas de estas fuentes se encuentran desactualizadas, no corresponden a las condiciones de exposición específicas o bien carecen de valor técnico.

El CECOVI, dentro de las actividades de investigación y desarrollo de materiales de construcción y sistemas constructivos que lleva adelante, está desarrollando un proyecto que tiene por objetivo principal el abordaje sistemático de la problemática de la durabilidad de los materiales de construcción sometidos a la acción de la intemperie y su aptitud en servicio.

-
- (1) Director Area de Servicios y Transferencia de Tecnología CECOVI-UTN
 - (2) Investigador CECOVI-UTN
 - (3) Becario CECOVI-UTN

Este proyecto se circunscribe, actualmente, al estudio de la durabilidad de hormigones convencionales y elaborados con agregados livianos, hormigones celulares, madera, suelocemento y materiales plásticos, mientras que el tipo de exposición se limita a las condiciones de intemperismo habituales en un clima templado húmedo, de acuerdo a la clasificación establecida por el Sistema Internacional de Koeppen. Paralelamente, se realizan contrastes con materiales mantenidos en condiciones de laboratorio que actúan como patrones de comparación.

Los ejes fundamentales planteados están constituidos por el análisis teórico, el seguimiento sistemático del comportamiento de materiales ante condiciones reales de exposición y en condiciones de envejecimiento acelerado, tendientes al establecimiento de una metodología de evaluación de aplicabilidad general, correlaciones entre el deterioro de los materiales y variables ambientales típicas de la región y el desarrollo de técnicas que permitan predecir su vida útil.

INTRODUCCION

Se define a la durabilidad como la capacidad de un material, elemento o componente constructivo de mantener su performance inicial, durante un tiempo prefijado en la etapa de proyecto, en niveles aceptables y bajo costos razonables de mantenimiento.

La experiencia en la práctica de la edificación, se utiliza aún hoy para estimar el comportamiento de los materiales y su funcionamiento durante la vida útil prevista, pero las innovaciones en los materiales, el diseño y las técnicas constructivas empleados; así como cambios en las condiciones ambientales, obligan a revisar estas propuestas tradicionales. Además en muchos casos las construcciones son utilizadas para funciones que no son las originalmente propuestas o sufren el ataque de ambientes más agresivos que los considerados inicialmente en el diseño.

Por otra parte, al evaluar la durabilidad de los materiales se presentan dos situaciones bien diferenciadas: la durabilidad de los materiales en sí y la de un cierto elemento constructivo, que resulta de la interacción de las características propias de cada material con las condiciones concretas de aplicación.

El análisis de la problemática de la durabilidad, no es novedoso, ya que por ejemplo en el campo de la tecnología del hormigón se han difundido innumerables investigaciones que encaran el estudio de variables relacionadas con la durabilidad de estructuras sometidas a diferentes condiciones de utilización a lo largo de su vida útil. Particularmente, existen numerosos trabajos acerca de los mecanismos de corrosión del acero en el hormigón, los métodos de ensayo que permitan predecir los riesgos de corrosión en una estructura dada, y las condiciones adecuadas de utilización de estos materiales.

Por otra parte, los temas vinculados con la durabilidad despiertan un creciente interés, fundamentado en los principios de la conservación de los recursos naturales y de la conservación de la energía y los recursos económicos en general. Se debe tener en cuenta que los problemas que plantea la durabilidad de los materiales de construcción tienen un impacto técnico, social y económico que ha motivado la creación de comités ad hoc en distintos países para desarrollar metodologías apropiadas y difundir los conocimientos. En este contexto el constructor y la sociedad como un todo, deben

interesarse en utilizar menor cantidad de materiales y asegurar que duren más tiempo, lo que puede lograrse mediante una mayor vida útil, la rehabilitación de edificios o la sustitución o el reciclado de materiales.

En este sentido, a comienzos del año 1999 y bajo la perspectiva de evolución de las tecnologías utilizadas en la elaboración y mantenimiento los materiales de construcción, como así también en la estimación de su vida útil, el Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) inició el proyecto de investigación “ Durabilidad de Materiales de Construcción”. Los objetivos principales planteados para este trabajo fueron el desarrollo de una metodología sistemática de observación, la correlación entre los deterioros observados en los materiales y las variables meteorológicas, la vinculación de los procesos naturales de degradación de los materiales con ensayos de envejecimiento acelerado y la aplicación de los conocimientos y procedimientos desarrollados a una estructura en servicio.

METODOLOGIA SISTEMATICA DE OBSERVACION

La conformación de las muestras expuestas durante el desarrollo del presente proyecto tuvo objetivo primordial la obtención de conclusiones representativas del comportamiento de cada uno de los materiales ante la acción del intemperismo.

La muestra utilizada para el estudio, se constituyó con diversos materiales de construcción entre cuyas procedencias se puede mencionar la elaboración en forma exclusiva para su inclusión en el proyecto y la selección de materiales que fueran objeto de otras investigaciones o servicios.

Los materiales expuestos son hormigones convencionales en dos variantes, una sin refuerzos y otra con incorporación de fibras de polipropileno, hormigones elaborados con agregados livianos tales como piedra pómez y perlita expandida, y hormigones celulares gaseosos y de espuma. En este último caso también se incorporaron fibras de nylon y de polipropileno. Por otra parte, se evaluó el comportamiento de muestras de suelo cemento, madera laminada encolada y bloques plásticos para construcción de muros.

Con el objeto de tipificar los deterioros observados en forma sistemática, brindando las pautas para su reconocimiento visual y la cuantificación en los diferentes materiales de construcción, se definió un Glosario de Clasificación de Deterioros que permite uniformar criterios de observación y abarcar el amplio espectro de los deterioros por acción del intemperismo.

Para la formulación de esta herramienta se tomó como base el la publicación realizada por el Comité Técnico 104-DDC de RILEM en 1994 denominada DRAFT RECOMMENDATION FOR DAMAGE CLASIFICATION OF CONCRETE STRUCTURES. Posteriormente, este documento fue sometido a evaluaciones permanentes y correcciones tendientes a su mejoramiento paulatino en el transcurso del tiempo de exposición de los materiales.

Otra herramienta utilizada durante el desarrollo del proyecto la constituyen las planillas de relevamiento de deterioros. Las planillas diseñadas permiten compatibilizar las observaciones de los diferentes investigadores que participan del proyecto, como así también estandarizar los métodos utilizados en el registro de los valores obtenidos de los ensayos que se realizan sobre las probetas, así como también agilizar la toma de datos de cada evaluación, permitiendo posteriormente un análisis más eficiente de los resultados obtenidos.

En lo que respecta a las condiciones a las cuales se exponen los materiales estudiados, se debe destacar que se conformaron dos bancos de exposición con características diferenciadas. En el primero de ellos, denominado Banco de Exposición a Intemperie (Foto 1), se ubican los materiales de modo de garantizar las condiciones de exposición más desfavorables, fundamentalmente en lo que respecta a la incidencia de la radiación solar.

En el segundo de los bancos de exposición (Foto 2) se mantienen los materiales en condiciones de laboratorio, a resguardo de la radiación solar, el viento, las precipitaciones y las variaciones importantes de temperatura. De este modo, se cuenta con probetas que actúan como patrones que permiten evaluar la influencia de los agentes climáticos en el desarrollo de deterioros.

En ambos bancos de exposición se implementó un proceso sistematizado de observaciones que requirió del relevamiento periódico de los deterioros detectados en los materiales. La frecuencia de realización de las observaciones se estableció en función de los resultados obtenidos en los relevamientos anteriores. Es así, que para este proyecto en particular, los períodos de análisis se establecieron, en una primera etapa, cada 3 (tres) meses en ambos bancos de exposición, y en una segunda etapa cada 6 (seis) meses en el banco a intemperie, y cada 12 (doce) meses en el banco ubicado a resguardo. Como se observa, para el proyecto de durabilidad se consideró el uso de unidades de tiempo variables, dado que en materiales tales como los hormigones, los deterioros producidos en periodos de corta duración no conformaban variaciones relevantes.



Foto 1 – Banco de Exposición a Intemperie



Foto 2 – Banco de Exposición a Resguardo

Complementariamente, se realizaron ensayos sobre las probetas expuestas con el fin de evaluar las variaciones existentes en las propiedades físico-mecánicas de los materiales. Para ello se recurrió tanto a técnicas no destructivas como destructivas.

En el primer caso se determinó la velocidad de propagación de pulsos ultrasónicos y las variaciones dimensionales experimentada por los materiales. En el caso de los ensayos destructivos se evaluaron propiedades tales como la resistencia a compresión, la densidad, absorción y porosidad de las muestras.

La obtención de estos datos permite la realización de correlaciones entre los deterioros producidos por el intemperismo y las propiedades físico-mecánicas de las probetas expuestas en el banco a intemperie; considerando siempre que los valores de

las variaciones reales de las propiedades de cada material se logra a través de la comparación con las unidades registradas en el banco a resguardo (unidades patrón).

CARACTERIZACION CLIMATOLOGICA

La caracterización climatológica, dentro de la metodología de análisis adoptada, asume un rol sumamente importante e incluye aspectos tales como temperatura, humedad relativa, precipitaciones y vientos.

El objetivo de este análisis es obtener parámetros de caracterización del ambiente de exposición que puedan relacionarse con el comportamiento de los materiales sometidos al ensayo, así como también, brindar datos que permitan explicar diferencias en la información sobre vida útil correspondientes a diferentes climas. Para ello, se realiza una evaluación estadística de los valores registrados obteniendo parámetros de posición (valores medios) y de dispersión (desviaciones estándar y coeficientes de variación) de las características climatológicas principales.

La caracterización del ambiente de exposición puede estar alineada tanto con normativas nacionales (Norma IRAM 11603/93 – Acondicionamiento Térmico) como internacionales (Sistema de Clasificación Climática de Vladimir Koeppen).

En particular, el medio ambiente donde se desarrolla el proyecto de durabilidad de materiales está enmarcado dentro de la denominación Cf, es decir clima templado húmedo sin estación seca, de acuerdo a la clasificación establecida por el Sistema Internacional de Koeppen. Por otro lado, y según la clasificación nacional, la zona del proyecto está denominada como zona bioambiental II Cálida – subzona b.

ENSAYOS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

En el marco del proyecto Durabilidad de Materiales de Construcción, se realizaron ensayos de envejecimiento acelerado, cuya particularidad es la de permitir la reproducción en un ámbito de reducido y controlado (cámara de ensayos), los agentes meteorológicos que se producirían en el medioambiente natural, con la posibilidad de evaluar las combinaciones más desfavorables a las que estaría expuesto un material durante un período de tiempo relativamente prolongado.

Con esta finalidad se derivaron muestras de los materiales incluidos en el proyecto al Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT), que depende de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Los materiales enviados a este centro para su envejecimiento acelerado fueron hormigones celulares gaseosos curados en autoclave, hormigones celulares de espuma simples y reforzados con fibras de nylon y de polipropileno, madera laminada encolada (foto 3) y suelo cemento.

Las determinaciones realizadas combinan elevados porcentajes de humedad relativa, temperaturas elevadas y radiación solar, factores estos que resultan preponderantes para reproducir las condiciones del ambiente natural. En particular, las técnicas utilizadas fueron ensayos realizados en intemperómetro, en cámara de humedad y temperatura y en cámara de niebla salina.



Fig. 3: Probeta f1 , ensayada en cámara de humedad, vs probeta f3 no ensayada

EVALUACION DE UNA ESTRUCTURA EN SERVICIO

Uno de los objetivos planteados al momento de desarrollar el proyecto de Durabilidad de Materiales de Construcción fue la realización de evaluaciones de estructuras en servicio a fin de analizar el comportamiento de los materiales en forma individual y de sus interacciones. Este objetivo se llevó a cabo mediante el análisis de una vivienda construida con elementos estructurales desarrollados y elaborados por este Centro de Investigación (CECOVI). Dicha construcción está emplazada en la zona norte de la ciudad de Santa Fe.



Fig. 4: Estructura en servicio evaluada

Esta actividad permitió establecer una metodología para efectuar el seguimiento de estructuras en servicio y evaluar el comportamiento de un sistema constructivo desarrollado por este Centro de Investigación frente al intemperismo.

Si bien esta vivienda está ejecutada con materiales tradicionales, éstos se combinan en elementos constructivos de características particulares que responden a la necesidad de alcanzar rapidez en la ejecución y economía, por lo que resulta de suma importancia el monitoreo del comportamiento del sistema para detectar inconvenientes y posibilidades de mejoras en el diseño y proceso constructivo empleados.

CONCLUSION

Con la culminación formal del proyecto “Durabilidad de Materiales de Construcción” se ha logrado abordar los objetivos planteados en su etapa inicial. Por lo tanto, el Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), mantiene en funcionamiento un *proceso de evaluación metodológicamente sistematizado* en cuanto se refiere a la observación y análisis de muestras expuestas ante determinadas condiciones medioambientales.

En segundo lugar, se concluye sobre los aspectos relacionados a la responsabilidad que asumen las variables climatológicas sobre las muestras expuestas al intemperismo. A modo de ejemplo, se podría mencionar que el comportamiento de los hormigones de peso normal, como los confeccionados con agregados livianos y los hormigones espumosos y celulares, mantienen un comportamiento adecuado en función del tiempo y en el micro-medio ambiente correspondiente a la ciudad de Santa Fe; mientras que, por ejemplo, el comportamiento del suelo cemento se vio afectado por las altas temperaturas medias y elevados valores porcentuales de humedades relativas; variables características del medioambiente de esta ciudad.

Finalmente, y en relación a las conclusiones sobre los ensayos acelerados, podría mencionarse que se lograron correlacionar valores obtenidos a tiempo real y acelerado, pero que dada que la cantidad de probetas que conformaron la muestra destinada a ensayos acelerados, no se puede brindar una conclusión del tipo general.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- G. A. Greathouse, C. J. Wessel. DETERIORATION OF MATERIALS. CAUSES AND PREVENTIVE TECHNIQUES. Editorial Reinhold Publishing Corporation, 1954
- 2.- T. Sneek. RILEM AND DURABILITY, Materials and Structures Vol 14 N° 83, Septiembre-Octubre 1981,
- 3.- L. W. Masters. E. Brandt PREDICTION OF SERVICE LIFE OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS. REPORTE FINAL DE LA COMISIÓN TÉCNICA CIB W80/RILEM 71-PSL. Materials and Structures Vol 20 N° 115 Enero 1987, pag.55-80
- 4.- G.I. Schuller. A PROSPECTIVE STUDY OF MATERIALS BASED ON STOCHASTIC METHODS. Materials and Structures Vol 20 N° 118 Julio 1987, pag.243-248.
- 5.- L. Reed Brantley, R. Brantley. BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY. STRUCTURAL PERFORMANCE AND ENVIRONMENTAL IMPACT. McGraw Hill, New York. 1996.
- 6.- P. Helene. VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO. IV Congresso Iberoamericano de Patología das Construções/ VI Congresso de Controle de Qualidade. 1997, Porto Alegre, Brasil. Pag.1-30.
- 7.- LIGHT WEIGHT CONCRETE. PROCEEDINGS OF THE SYMPOSIUM HELD IN GÖTEBORG. RILEM 1960. HJALMAR RANHOLM, Goteborg. 20-23 Julio 1960.
- 8.- A.M.Vaysburd. DURABILITY OF LIGHTWEIGHT CONCRETE AND ITS CONNECTIONS WITH THE COMPOSITION OF CONCRETE, DESIGN AND CONSTRUCTION METHODS. “Structural Lightweight Aggregate Concrete Performance”. American Concrete Institute, Detroit. 1992. Pag. 295-319.
- 9.- J. Guardia Olmedo. ANALISIS DE MATERIALES PETREOS EN MONUMENTOS Y SU COMPORTAMIENTO A ENVEJECIMIENTO ACELERADO. Colloquia 88. Volumen II. Madrid – España. Mayo 23-27 1988.
- 10.- T. Sneek. PERFORMANCE CRITERIA FOR BUILDING MATERIALS. Materials and Structures Vol 20 N° 119, Septiembre 1987.

- 11.- MASONRY DURABILITY AND ON-SITE TESTING (Informe de Comité RILEM) Septiembre 1997
- 12.- COMPUTER BASES ON SERVICE LIFE METHODOLOGY (Informe de Comité RILEM) Septiembre 1996.
- 13.- J. Pommersheim, J. Clifton. PREDICTION OF CONCRETE SERVICE-LIFE. Materials and Structures Vol 18 N° 103; 1985. Pag. 21-30.
- 14.- RADIACION. Dosis. Efectos. Riesgos. Boletín del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi. Diciembre 1985.pag. 1-73.
- 15.- DRAFT RECOMMENDATION FOR DAMAGE CLASIFICATION OF CONCRETE STRUCTURES (Informe de Comité Técnico 104-DDC, RILEM) en 1994.