




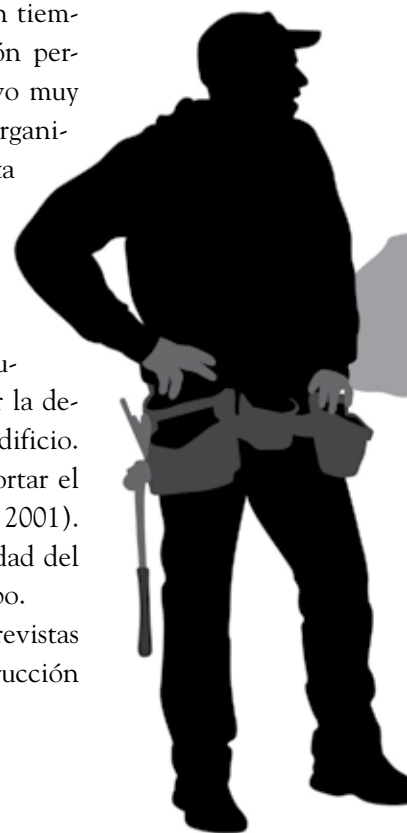
¿Cómo se mide la vida útil de los edificios?



Este artículo describe cómo estimar y medir la vida útil de los edificios desde el punto de vista del arquitecto y a través del método de la norma ISO 15686. Se presenta una metodología basada en la intervención de siete factores que determinan la durabilidad de los proyectos inmobiliarios. Se concluye que es un método confiable aun sin llegar a ser exacto, porque es un tanto subjetivo y depende en gran medida de la experiencia del diseñador. En la mayoría de los despachos de arquitectos en México hace falta aplicar este tipo de metodologías para la realización de edificios que puedan alcanzar una determinada vida útil con base en el diseño durable.

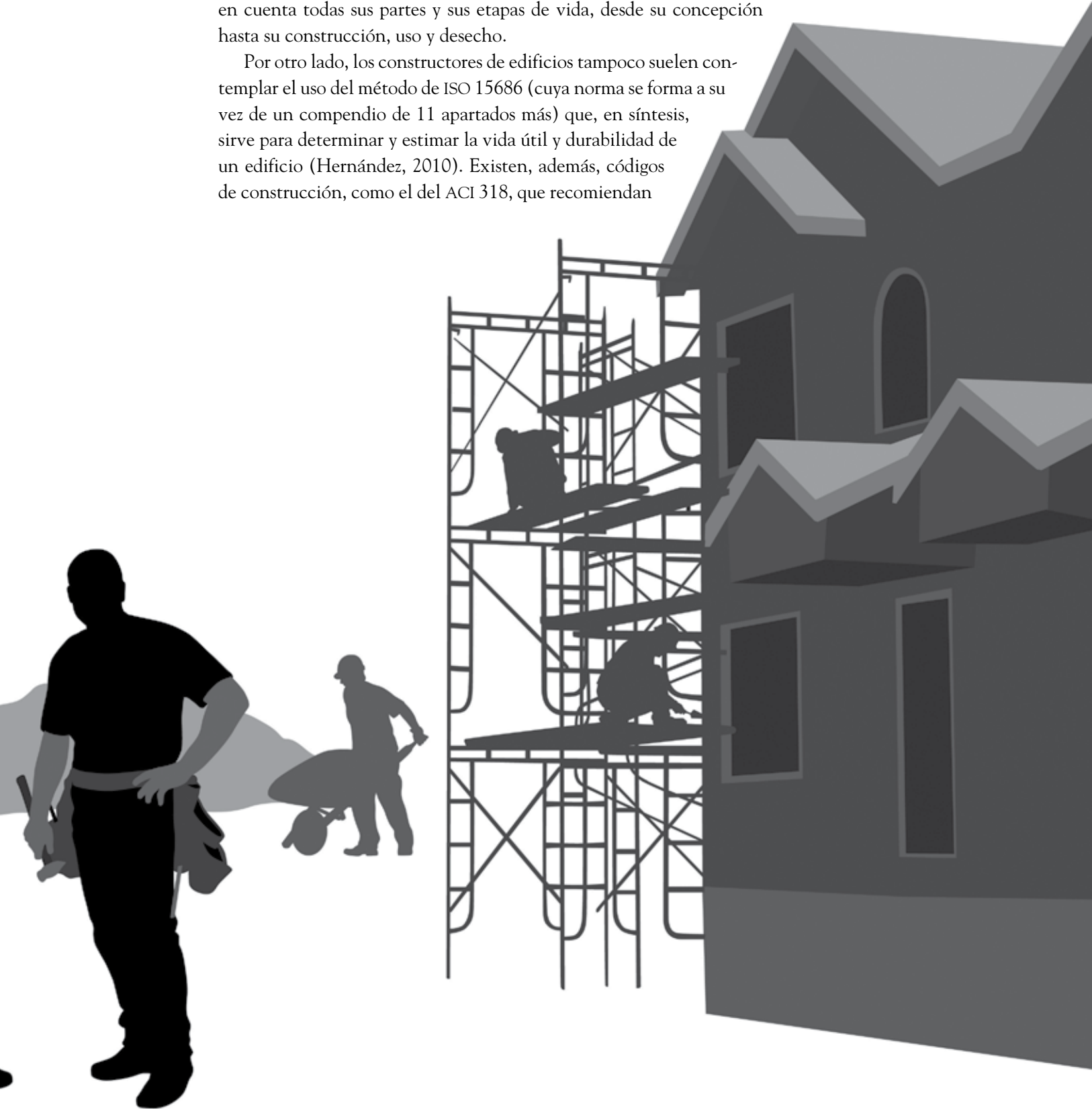
Al momento de diseñar nuestros edificios, los arquitectos e ingenieros debemos conocer y partir de una vida útil de diseño, es decir, un tiempo de referencia durante el cual esperamos que la construcción permanecerá sin necesidad de realizar un mantenimiento correctivo muy costoso que se aleje del presupuesto original (International Standards Organization, 2000; Hernández, 2012). Es muy importante tomar en cuenta esta vida útil, ya que va a determinar, en muchas ocasiones, el tipo de materiales y sistemas de construcción que debemos emplear en el proyecto, así como la selección y contratación de la mano de obra requerida para la construcción, el tipo de mantenimiento necesario durante el uso del edificio, la manera en que debemos diseñar los espacios (véase la Figura 1) y sobre todo los elementos arquitectónicos constructivos para evitar la degradación y el deterioro de los mismos, y así mejorar la durabilidad del edificio. Entendemos *durabilidad* como la capacidad que tiene el edificio para soportar el deterioro y alcanzar la vida útil estimada (Canadian Standards Association, 2001). Cabe señalar que la durabilidad no es un lapso de tiempo, sino una cualidad del edificio para llegar a una determinada vida útil, la cual sí se refiere al tiempo.

Al observar, analizar y deducir algunos datos referentes a encuestas, entrevistas y reportes realizados con empresas y personas dedicadas al diseño y la construcción



de edificios (Lozano, 2012; Asdrubali *et al.*, 2015), me encontré con el problema de que la mayoría no contempla en sus trabajos el diseño por ciclo de vida (DCV). Esta metodología evalúa aspectos técnicos, económicos y ambientales de cada una de las etapas del ciclo de vida de los edificios: planeación, diseño, construcción, uso, operación, mantenimiento y fin de la vida útil del inmueble. En otras palabras, diseñar por ciclo de vida se refiere a proyectar un edificio tomando en cuenta todas sus partes y sus etapas de vida, desde su concepción hasta su construcción, uso y desecho.

Por otro lado, los constructores de edificios tampoco suelen contemplar el uso del método de ISO 15686 (cuya norma se forma a su vez de un compendio de 11 apartados más) que, en síntesis, sirve para determinar y estimar la vida útil y durabilidad de un edificio (Hernández, 2010). Existen, además, códigos de construcción, como el del ACI 318, que recomiendan



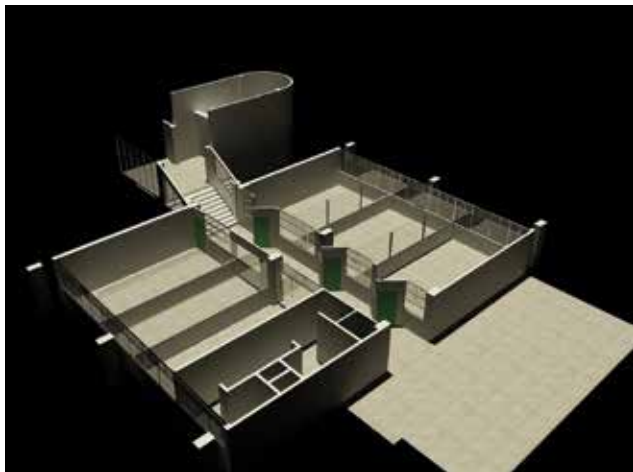


Figura 1. Diseño de espacios según su forma y función. Elaboración del autor, 2010.

el uso de unos materiales en función de ciertos factores estructurales y ambientales. Esto puede ser muy útil al momento de diseñar un edificio con fines de durabilidad y seguridad estructural.

Por lo tanto, se considera grave el hecho de que los encargados de proyectos de edificaciones no realicen adecuadamente estas estimaciones. Si bien muchos de ellos lo resuelven a partir de su experiencia como diseñadores y constructores, no siempre presentan resultados exitosos; por el contrario, muchos de los edificios que no fueron bien diseñados por ciclo de vida consumen más recursos, tanto para su operatividad como en su mantenimiento.

¿Cómo se estima la vida útil de las edificaciones?

Existen dos formas distintas para medir la vida útil de los edificios y de sus partes. La primera y la más recomendable para empezar a diseñar un inmueble es la que indica el método por factores de ISO 15686, que implica estimar una vida útil a partir de una serie de factores de durabilidad y de una vida útil de referencia, que en materia arquitectónica llamamos vida de diseño. La segunda forma es calcular la vida útil y medir la durabilidad por componente constructivo o partes del edificio a través de pruebas de envejecimiento acelerado en laboratorio, lo cual es demasiado costoso económicamente y muy tardado para fines de diseño

arquitectónico, por lo que esta opción generalmente es descartada en etapas tempranas de los proyectos (Hernández, 2015).

Reconocidos académicos del área de ingeniería y tecnología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, representados por el doctor Carlos Paulino Barrios Durstewitz, desarrollan en la actualidad modelación matemática en torno al deterioro de materiales, principalmente para la producción de cemento destinado a la industria de la construcción de alta durabilidad. Su trabajo contribuye en gran medida al estudio de materiales durables para este tipo de industria; también coadyuva al mejoramiento del medio ambiente y de la economía regional y nacional al emplear productos de desecho, por lo que nos muestra lo que arquitectos, ingenieros y constructores podemos emplear para mejorar —ecológicamente hablando— los productos de la construcción y su durabilidad. Asimismo, se están realizando trabajos similares en el Cinvestav IPN (Mérida), el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional IPN (Oaxaca), el Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM y el Centro de Investigación Científica de Yucatán, por citar algunos. En lo que respecta a trabajos extranjeros, los referentes en el tema de vida útil en edificios son los de Sjöström y Jernberg (2001), Monjo (2007), Mayer (2005) y la National Association House of Building (2007).

Por otro lado, es muy recomendable utilizar la norma de ISO 15686 para estimar la vida útil de los edificios, tomando en consideración que no es un método exacto y depende directamente del análisis y la experiencia del diseñador, pero que sí es muy útil para darnos una idea aproximada de cuánto puede durar un inmueble.

Los siguientes son los factores de durabilidad que el método de ISO 15686 utiliza, y que arquitectos e ingenieros debemos tomar en cuenta cuando iniciamos la planeación y el diseño de un edificio o de una infraestructura urbana:

- A. *Calidad del diseño arquitectónico y constructivo.* Incluye principalmente la calidad de los trabajos a nivel de proyecto. La calidad depende en mucho de la experiencia del diseñador y de su preparación (capacitación, certificación y que sea apto para tales trabajos).

- B. Calidad de los materiales de construcción.** La calidad de los materiales depende de su fabricación y manufactura, principalmente, que cumplan con las normas técnicas para cubrir las necesidades funcionales y ambientales de las edificaciones.
- C. Tipo de medio ambiente interior del edificio.** Condiciones como la temperatura, ventilación, iluminación, humedades, etcétera, influirán directamente en el deterioro de los componentes constructivos.
- D. Tipo de medio ambiente exterior del lugar.** Factores como el viento, humedades, lluvia ácida, radiación o ciertos hongos del ambiente van a influir directamente en el deterioro de los componentes constructivos.
- E. Calidad de la mano de obra.** Es muy importante que las personas que vayan a ejecutar los trabajos de construcción e instalaciones estén plenamente capacitadas y preparadas para tales fines.
- F. Uso que se le dará al edificio.** El uso que se espera que tenga el inmueble influye en la degradación y el deterioro del edificio y de sus partes. Esto se debe considerar tanto para el diseño del mismo como para cuando el edificio se esté utilizando.
- G. Tipo y grado de mantenimiento.** El nivel y la calidad de los trabajos de mantenimiento permitirán directamente o no que el edificio alcance su vida útil estimada.

H.
 Nota: esta norma técnica divide en dos variables el ambiente: interno y externo (C y D); aunque los dos se refieren al medio o entorno de la edificación, de acuerdo con su localización actúan de diferente manera sobre los componentes de construcción.



Tabla 1. Vida útil de diseño (VUD) por categoría o tipos de edificios

Categoría de edificios	Vida útil de diseño por categoría (años)	Ejemplos
Temporales	Hasta 10	Construcciones no permanentes, oficinas de ventas, edificios de exhibición temporal, construcciones provisionales.
Vida media	25-49	La mayoría de los edificios industriales y la mayoría de las estructuras para estacionamientos.
Vida larga	50-99	La mayoría de los edificios residenciales, comerciales, de oficinas, de salud, de educación.
Permanentes	Más de 100	Edificios monumentales, de tipo patrimoniales (museos, galerías de arte, archivos generales, etcétera).

Fuente: Canadian Standards Association, 2001; Australian Building Codes Board, 2006; International Standards Organization, 2000.

Método por factores de ISO 15686. Caso de ejemplo de aplicación

1. Primero se determina qué tipo de edificio es y su ubicación, para que con base en la Tabla 1 se determine la vida útil de diseño por categoría de edificio.

Ejemplo: un hospital regional en Toluca, México, pertenece a la categoría de la salud, y por lo tanto debe tener una vida larga, de entre 50 y 99 años; al ser un hospital regional de gran importancia, se recomienda considerar el valor más alto dentro del rango establecido, es decir, 99 años.

2. En segundo lugar, se designan los factores más relevantes para la durabilidad del proyecto y se asigna un valor para cada uno de la siguiente manera: 0.8 = bajo; 1 = medio y 1.2 = alto (véase la Tabla 2).

Con esto se ajusta la vida útil de diseño (99 años) y se estima de acuerdo con el siguiente paso.

3. Procedemos con la determinación y estimación de la vida útil de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VUE = VUD (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)$$

donde VUE es la vida útil estimada, VUD es la vida útil de diseño, y de A a G son los factores que inciden en la vida útil del componente constructivo.

**Tabla 2.** Factores para la estimación de la vida útil del edificio del ejemplo

Factores	Valores asignados	
A. Nivel o grado del diseño arquitectónico, constructivo y de sus instalaciones.	1.2	El nivel de diseño es muy bueno porque el despacho del arquitecto que proyecta está certificado por varias instancias y organismos, además de que tiene más de 20 años de experiencia en diseño y construcción de hospitales.
B. Calidad de los materiales y componentes de construcción.	0.8	Se eligió el menor valor, debido a que los materiales de la región en donde se ubica el proyecto en su mayoría no tienen un buen control de calidad porque son de fábricas no certificadas.
C. El medio ambiente del interior del edificio.	1.0	Se estima que las condiciones ambientales al interior del edificio no propiciarán ningún daño a los componentes constructivos, debido al buen diseño.
D. El medio ambiente externo al edificio, como el clima y la contaminación urbana.	0.8	Se considera un valor bajo, debido a que el proyecto está ubicado cerca de una zona industrial con alto grado de contaminación ambiental y lluvia ácida. Además se encuentra a una altitud de 2 638 msnm, lo que afecta directamente a los elementos constructivos por la elevada incidencia de la radiación solar durante todo el año.
E. Calidad y nivel de la mano de obra.	1.2	La mano de obra está certificada por normas oficiales mexicanas y cuenta con una experiencia mayor a 30 años en el ramo.
F. Uso del edificio con base en manuales y especificaciones realizadas por los diseñadores y constructores para una mejor operabilidad del inmueble.	1.0	Se considera que este punto no incide de manera significativa al proyecto, ya que el diseño corresponde a las necesidades de uso y operabilidad previstas adecuadamente.
G. Grado o nivel de mantenimiento de acuerdo con las especificaciones asentadas en el manual de mantenimiento.	1.0	Al igual, se estima que el grado de mantenimiento será el adecuado, ya que junto con el proyecto ejecutivo se elaboró un manual de mantenimiento que regirá durante la vida útil del edificio.

Fuente: elaboración del autor con base en el método por factores de ISO 15686 y criterios tomados de la experiencia como arquitecto y constructor.

Una vez que se analizan los factores se determinan los valores (0.8, 1.0 o 1.2) para cada uno, según las condiciones del proyecto y de acuerdo con la experiencia del proyectista (en este caso del autor).

Se sustituyen los valores en la fórmula:

$$VUE = 99 \times 1.2 \times 0.8 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0$$

$$VUE = 91.23 \text{ años}$$

De acuerdo con la asignación de valores de los respectivos factores de durabilidad, para el caso del ejemplo se estima que el hospital durará 91.23 años. No obstante, se observa que la vida útil estimada no alcanzó la vida útil de diseño del proyecto, por lo que el diseñador tendrá que regresar a las primeras etapas para rediseñar o mejorar el proyecto con el fin de alcanzar por lo menos la vida útil de diseño (99 años). Para esto, el diseñador del edificio tendrá que poner especial atención en los puntos siguientes:

- Rediseño de la estructura del proyecto para incrementar su durabilidad y, por consecuencia, su vida útil. Al ser un edificio basado en una estructura y cimentación de concreto armado, se recomienda

proteger el acero con capas anticorrosivas, hacer un recubrimiento mínimo de 5 cm en el concreto y, para evitar la carbonatación temprana del concreto, sustituir 1/3 del cemento *Portland* por cenizas volantes y puzolanas naturales (Guanghong *et al.*, 2007), así como disminuir la cantidad de agua en la mezcla respecto al cementante (Jaung, 1991). Por supuesto, se debe evitar la acumulación de humedades en los elementos y alejar agentes corrosivos, como lluvia ácida, moho y otros compuestos en el aire de las ciudades.

- Subsistemas que constan de componentes, materiales y sistemas de instalaciones y servicios, incluidos sistemas constructivos y de montaje de instalaciones, así como equipo instalado.
- Criterios de diseño sustentable de cada uno de los subsistemas anteriores, que incluyan factores ambientales.
- Selección de materiales durables (que no deban ser reemplazados frecuentemente) y de bajo mantenimiento; así como componentes de construcción que puedan soportar la radiación ultravioleta, los cambios bruscos de temperatura y humedad, la condensación y el desgaste, el deterioro por todo

el tráfico que se espera debido al uso y ocupación del inmueble, y por las condiciones del ambiente interior y exterior.

- Diseño arquitectónico flexible para que el edificio se adapte a cambios durante su vida útil y sea también de fácil mantenimiento. Es recomendable usar patrones de diseño establecidos y de origen confiable, previamente probados, que nos pueden ayudar a cubrir algunas de nuestras necesidades en el desarrollo del proyecto.
- Sistemas constructivos de rápida construcción e instalación, como los prefabricados a través de la modulación de espacios; además, diseñados pensando en su fácil y económico desmantelamiento o desconstrucción al término de su vida útil.

Recomendación final

Se recomienda consultar la norma técnica ISO 15686 para revisar los detalles del método por factores, y sobre todo para ampliar el conocimiento referente a la durabilidad y planeación de vida útil en edificios, ya que son pocos los métodos que estiman la vida útil de forma tan rápida y aproximada y que pueden ayudar a tomar decisiones en etapas tempranas del diseño. Como se señaló en la parte inicial de este artículo, es importante saber que el método descrito es solamente aproximativo y subjetivo en parte, por lo que no es 100% exacto; cuando se requiera mayor exactitud, se recomienda usar métodos predictivos, modelos matemáticos y pruebas de envejecimiento acelerado de materiales en el laboratorio.

Silverio Hernández Moreno es arquitecto por la Universidad Michoacana, y maestro y doctor en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus líneas de investigación corresponden a arquitectura y medio ambiente, específicamente diseño sustentable, planeación de la vida útil, y durabilidad en edificios y desarrollo de nuevos materiales en arquitectura y construcción. Trabaja actualmente como profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México. Es profesor con perfil PRODEP y miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

silverhm2002@yahoo.com.mx

Lecturas recomendadas

- Asdrubali, F., G. Baldinelli, F. Bianchi y S. Sambuco (2015), "A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings", *Building and Environment*, 86:98-108.
- Australian Building Codes Board (2006), *Durability in buildings*, Canberra, ABCB.
- Canadian Standards Association (2001), *S478-95 (R2001), Guideline on Durability in Buildings*, Toronto, CSA, pp. 9-17.
- Guanghong, Sheng, Jianping Zhai, Qin Li y Feihu Li (2007), "Utilization of fly ash coming from a CFBC boiler co-firing coal and petroleum coke in Portland cement", *Fuel Journal*, 86(16):2625-2631.
- Hernández Moreno, S. (2010), "Integration of service life in the process of management and design of buildings", *Management Research and Practice*, 2(4):397-408.
- Hernández Moreno, S. (2012), *Introducción a la planeación de la vida útil en proyectos de arquitectura y edificación*, México, Plaza y Valdés.
- Hernández Moreno, S. (2015), *Vida útil en el diseño sustentable de edificios*, México, Trillas.
- International Standards Organization (2000), *ISO 15686-1:2000, Buildings and constructed assets-Service Life Planning, part 1: General Principles*, Ginebra, ISO.
- Jaung, J. D. (1991), "Improvement of concrete properties related to durability by means of permeable forms", *Proc. of the 2nd International RILEM/CEB Symposium on Quality Control of Concrete Structures*, Londres, E & F Spon, pp. 287-296.
- Lozano, R. (2012), "Towards better embedding sustainability into companies' systems: an analysis of voluntary corporate initiatives", *Journal of Cleaner Production*, 25:14-26.
- Mayer, P. (2005), *BLP Durability assessment. Final Report (020 7929 1366) for National Audit Office*, Londres, Building Life Plans Ltd.
- Monjo, J. (2007), "Durabilidad vs. vulnerabilidad", *Informes de la Construcción*, 59(507):43-58. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.3989/ic.2007.v59.i507.531>>. Consultado el 27 de julio de 2016.
- National Association House of Building (2007), *Study of life expectancy of home components*, Washington, DC, Bank of America Home Equity.
- Sjöström, C. y P. Jernberg (2001), "International standards for design life of constructed assets", *CIB World Building Congress*, Wellington, CIB, paper 192, pp. 1-6.