Notas

Planeación de la vida útil en proyectos arquitectónicos

1. Antecedentes

En proyectos de arquitectura, en la fase de diseño siempre es necesario determinar una vida útil para partir de una referencia de vida de servicio al momento de proyectar un edificio; y estimar una vida útil para conocer los factores que determinan la durabilidad del proyecto bajo condiciones normales de rendimiento de todas las partes del edificio (Hernández, 2010); vida útil entendida como el periodo después de la construcción o/ e instalación durante el cual el edificio y sus partes cumplen o exceden los requerimientos de rendimiento para lo cual fueron diseñados y construidos; por lo que es necesario hacer uso de mantenimiento correctivo significativo y de reparaciones y remplazos de los materiales y componentes constructivos (International Standards Organization, 2000).

En muchas empresas dedicadas al diseño arquitectónico y a la industria de la construcción aspectos sobre vida útil no se toman íntegramente en cuenta, y se piensa que los edificios durarán para siempre o que los componentes siempre van a alcanzar los rendimientos para lo cual fueron diseñados y construidos; desafortunadamente y por lo general esto no siempre ocurre y muchos problemas de rendimiento de componentes constructivos traen como consecuencia excesivos gastos de mantenimiento preventivo y correctivo (Building Research Environmental Group, 2007) debido a una mala planeación de la vida útil del proyecto, y todo esto se puede evitar en etapas tempranas de la fase de diseño de proyectos planeando la vida útil. Un estudio reciente que trata sobre una tesis de doctorado, se centra en una metodología para estimar solamente componentes de fachadas y cubiertas en edificaciones españolas, ignorando el sistema completo del edificio, aunque también a partir de la norma I*SO 15686* pero partiendo de lineamientos y normas de construcción españolas (Ortega, 2012). Recientemente, un estudio realizado de un modelo de predicción de vida útil ha sido propuesto a partir de la lógica difusa con aplicaciones en edificación patrimonial (Macías et. Al, 2014), lo cual es un antecedente inmediato al presente trabajo pero al igual que toda la literatura revisada se encontró que se enfoca solamente a componentes constructivos y no propone una aplicación que ejemplifique la estimación de vida útil de un edificio completo. Existen algunos estudios similares más pero que difieren del contexto y de la manera de realizar arquitectura y edificación en México, porque muchos de ellos además han sido realizados por ingenieros suecos que difieren del enfoque del arquitecto, como diseñador y proyectista, y consideran un enfoque distinto debido a que se centran en el cálculo exacto de vida útil de componentes constructivos principalmente usando métodos predictivos y modelos matemáticos (Lacasse y Sjöström,2003), que aunque son más exactos, son aún más difíciles de usar en la fase de diseño porque representan un gran costo técnico-económico y reclaman una gran inversión en tiempo que a veces no se cuenta en la ejecución de proyectos, por lo que el presente trabajo explica de una mejor forma los conceptos y preceptos

relacionados al tema de la planeación de la vida útil desde la perspectiva del arquitecto mexicano.

2.Metodología

1°. Identificar las condiciones generales de servicio, tipo de inmueble, requerimientos funcionales y rendimiento del edificio. En esta primera etapa de la aplicación del método es donde se identifican las condiciones generales de servicio del edificio que se van a emplear para determinar la vida útil del proyecto, requerimientos del dueño o promotor del inmueble, tipo de edificio, usuario del edificio, localización de los componentes constructivos (accesibilidad de los componentes), consideraciones económicas del proyecto respecto a la planeación de su vida útil, frecuencia del mantenimiento del edificio y sus reparaciones relevantes (que afectan el rendimiento y el presupuesto de mantenimiento).

2°. Determinar e identificar los factores más relevantes que afectan a la durabilidad del proyecto. Para determinar estos factores es conveniente usar la norma técnica ISO 15686 y la norma CSA S478-95, principalmente; más el criterio del arquitecto, diseñador o proyectista del edificio con base en su experiencia profesional que puede ser determinante en las estimaciones, ya que este método solo se recomienda usarlo cuando se requiere estimar una vida útil de manera rápida y aproximada en etapas tempranas de diseño, por lo que en otros casos en donde se requiera calcular de forma exacta la predicción de la vida útil de un componente constructivo o un edificio entero, la norma ISO 15686 no es recomendable. Por tanto se puede afirmar que este método es subjetivo e inexacto debido a que está sujeto a experiencia del proyectista lo cual muchas veces cuando se busca calcular una vida útil de un componente constructivo se recurre a pruebas de envejecimiento acelerado en laboratorio lo cual es muy tardado y costoso y en ocasiones los despachos de arquitectos optan por solamente estimar la vida útil con métodos estadísticos como el de factores de ISO 15686. De cualquier manera el método es muy útil para hacer estimaciones no solamente de edificios sino de cada una de sus partes o componentes.

3°. Determinación de la Vida Útil de Diseño (VUD) del edificio y sus componentes. Para determinar la VUD es válido partir de una Vida Útil de Referencia (VUR), que puede estar definida por la práctica y experiencia profesional, o mediante la utilización de información confiable y previamente registrada de forma estadística sobre determinados tipos y categorías de edificaciones y de sus características de durabilidad y de condiciones de factibilidad económica y técnica (Mayer, 2005).

4°. Estimación de la vida útil del edificio y de sus componentes constructivos (con el método por factores de ISO 15686). Para la estimación de la vida útil del edificio y sus componentes, se utiliza de manera general, la norma ISO 15686 complementada con la norma canadiense CSA S478-95 (Canadian Standards Association, 2011).

3.Resultados

Aplicación del método ISO 15686 para la estimación de la vida útil en un proyecto en la ciudad de México

Se trata de un proyecto de un edificio para un museo de dos niveles, ubicado en la ciudad de México, en donde se requiere una VUD para el edificio de 100 años con condiciones técnicas moderadamente accesibles de mantenimiento y con elementos constructivos de difícil remplazamiento, según los datos contenidos en la tabla 1, equivalentes a la información de la norma ISO 15686. Considerando que el procedimiento de construcción del edificio está planeado "in situ", es recomendable construirlo a base de una estructura de concreto reforzado con acero, utilizando columnas (de sección circular), trabes, zapatas y losas de cimentación, así como entrepisos y techos de estructura de concreto sobre trabes y columnas; y acabado con pisos cerámicos asentados con mezcla cemento-arena proporción 1:4; usando tanto en la envolvente como en muros divisorios bloques huecos de cerámica asentados con mortero cemento Portland y arena y terminados con pasta igualmente de mortero cemento y arena. Algunas recomendaciones técnicas de durabilidad serían: en lo referente al concreto premezclado, utilizar como mínimo una resistencia F´c= 210 kg/cm^2, con un aditivo a la mezcla del concreto de cenizas volantes para hacerlo más durable y resistente a agentes externos; y en lo referente al acero para refuerzo del concreto se usaría una resistencia de diseño Fy= 4200 kg/cm^2 con un baño en la superficie del acero de refuerzo para evitar la corrosión. Asimismo, se recomienda usar un recubrimiento mínimo de

6 cm en el concreto reforzado para evitar la corrosión por agentes externos.

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, etc.).

Fuente: (Canadian Standards Association, 2001), Australian Building Codes Board, 2006 y (International Standards Organization, 2000)

La tabla 2 resume los factores que afectan la durabilidad y provocan la degradación del inmueble del caso del ejemplo de aplicación del método.

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

Factores	Valores asignados
Calidad de los materiales y componentes de construcción. La calidad de un material está determinada por sus componentes en sus materias primas (aspectos físicos y químicos) pero también por su manera en que fue producido, es decir por sus características de manufactura, transporte y almacenaje. Su control de calidad dependerá desde la extracción de la materia prima, su selección y evaluación de dicha materia prima, hasta su manufactura, transporte, almacenaje y aplicación en la obra.	0.8 (se eligió el menor valor debido a que los materiales de la región en donde se localiza el proyecto en su mayoría no tienen un buen control de calidad porque son de fábricas no certificadas).
El nivel o grado del diseño arquitectónico, constructivo y de sus instalaciones. Diseño del edificio completo y sus componentes o partes, tales como: la estructura, el envolvente, las instalaciones y los acabados con apego a las normas de construcción pero también de acuerdo a la premisa en que los elementos de construcción y arquitectónicos deben quedar lo más protegidos posible de los agentes de degradación.	1.2 (El nivel del grado de diseño es muy bueno porque el despacho del arquitecto que proyecta está certificado por varias instancias y organismos, por lo que tiene más de 20 años de experiencia en diseño y construcción.

La calidad y nivel de la mano de obra en la ejecución de los procesos de construcción e instalación bajo sus correspondientes normas técnicas y reglamentos de construcción. El nivel de la mano de obra en la ejecución de los trabajos se mide de acuerdo a la preparación técnica del constructor o instalador, y por supuesto a su experiencia en el tipo de proyectos que está ejecutando.	1.2 (así mismo la mano de obra está certificada por normas oficiales mexicanas y la experiencia es de más de 30 años en el ramo).
El medio ambiente del interior del edificio como: humedad, temperatura y diversos agentes químicos y físicos existentes. Los agentes agresivos del medio ambiente interno (humedad, temperatura y agentes químicos y físicos existentes al interior del inmueble y de los elementos construidos), ventilación, corrosión y condensación internas.	1.0 (se estima que las condiciones ambientales al interior del edificio no propiciarían ningún daño a los componentes constructivos, debido al buen diseño.
El medio ambiente externo al edificio como el clima y la contaminación urbana. Localización y ubicación del edificio, clima exterior (humedad, temperatura), emisiones de vehículos e industrias, lluvia ácida etc.	0.8 (este punto se considera bajo debido a que el proyecto está ubicado cerca de una zona industrial con alto grado de contaminación ambiental y lluvia ácida, así como una altitud de 2638 msnm que afecta directamente a los elementos constructivos por la elevada incidencia de la radiación solar recibida todo el año).
Uso del edificio con base en manuales y especificaciones realizadas por los diseñadores y constructores de los mismos que implican una mejor operabilidad del inmueble. Actividades y condiciones de uso y operación específicas del inmueble por el usuario y operario, como por ejemplo en: equipos electromecánicos, de instalaciones especiales, principalmente aire acondicionado, iluminación, equipos de seguridad, y en lo general las condiciones de uso que se le da al inmueble en todas sus partes y sus componentes.	1.0 (este punto se considera que no incide de manera significativa al proyecto, ya que el diseño corresponde a las necesidades de uso y operabilidad previstas adecuadamente.
Grado o nivel de mantenimiento de acuerdo con las especificaciones asentadas en el manual de mantenimiento realizado por los diseñadores y constructores del inmueble y de los productores o fabricantes de materiales y componentes usados en la construcción. Calidad y frecuencia en el mantenimiento y el tipo o grado de accesibilidad al mantenimiento de los componentes constructivos es factor para este punto.	1.0 (al igual que el punto F se estima que el grado de mantenimiento será el adecuado ya que se realizó junto con el proyecto ejecutivo un manual de mantenimiento que regirá durante la vida útil del edificio).

(Fuente: Elaboración del autor, 2014 con base en el método por factores de ISO 15686 y criterios tomados de la experiencia como arquitecto y constructor).

Usando el *método por factores* permite calcular la Vida Útil Estimada (VUE) mediante la corrección o ajuste de la Vida Útil de Diseño (VUD), a través de la multiplicación de los valores de los factores en un rango de 0.8 (bajo o deficiente), 1.0 (regular o promedio) y 1.2 (muy bueno o eficiente) según el método ISO 15686, utilizando la fórmula [1]:

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. Una vez teniendo los factores se determinan los valores para cada uno según las condiciones del proyecto y de acuerdo a la experiencia del proyectista (en este caso del autor), con base a los criterios descritos en la sección de metodología (escalas de 0.8; 1.0 y 1.2). Como sigue:

Se sustituyen los valores en la fórmula [1]:

VUE= 100x0.8x1.2x1.2x1.0x0.8x1.0x1.0

VUE= 92.16 AÑOS

Se observa que la estimación de la vida útil, según la norma técnica ISO 15686 del edificio en cuestión, disminuyó ligeramente respecto a la vida útil de diseño o de referencia (de 100 años a 92.16). Lo anterior debido principalmente a la calidad de algunos materiales de construcción, como es el caso de algunos selladores para juntas constructivas, y debido también a factores del medio ambiente externo al edificio, específicamente por la humedad en el ambiente y lluvia ácida en la atmósfera (por estar ubicado el edificio en una ciudad con actividades industriales), lo cual consideramos no es lo propicio para los elementos de construcción, sin llegar a ser un ambiente excesivamente agresivo como otros lugares ubicados en costas, expuestos a altos porcentajes de humedad y brisas marinas. Por lo que se recomienda re-diseñar el proyecto de tal forma que se debe mejorar su diseño por durabilidad para solventar estos problemas identificados e igualar al menos la VUE con la VUD. En resumen se considera que la estimación para el caso de ejemplo es aceptable, es decir, no se alejó demasiado de la vida útil de referencia o de diseño y por tanto resulta aceptable. Pero se estima muy conveniente re-diseñar el proyecto, ya que en este caso no se igualó o superó la VUD respecto a la VUE.

4.Conclusiones

Se concluye que durante el proceso de diseño arquitectónico es importante y necesario integrar la planeación de la vida útil de todo el edificio incluyendo también sus partes o componentes para reconocer las necesidades del proyecto en materia de durabilidad y mantenimiento, ya que por lo general no se realiza en la mayoría de los despachos en México. El método analizado en este documento puede ser de utilidad no solamente para la etapa de diseño arquitectónico sino también para las subsecuentes etapas del ciclo de vida del proyecto, es decir, la fase de construcción y posteriormente la de uso, operación y mantenimiento del inmueble. Se concluye también respecto a estudios similares a este artículo que no se encontró ejemplo alguno realizado por arquitectos, y no por una falta de revisión de literatura sino porque la norma ISO que rige la planeación de la vida útil en edificios es relativamente nueva, es de un costo muy elevado y la mayoría de los despachos en México y en el mundo la desconocen.

El método tiene como aportación un proceso simple y replicable que puede fungir como herramienta durante el proceso de diseño arquitectónico para estimar rápida y aproximada la vida útil de un proyecto y además brinda un dato confiable del edificio en proyección lo cual se debe complementar con otros datos e información sobre durabilidad proveniente de fuentes como fichas técnicas de proveedores de materiales constructivos o de estudios específicos sobre envejecimiento acelerado de materiales para corroborar datos de los fabricantes de materiales y componentes constructivos. Se concluye también que el método es subjetivo e inexacto y que sólo debe usarse para estimar una vida útil de manera rápida y aproximada en momentos de toma de decisiones durante la planeación de proyectos

Referencias

Australian Building Codes Board (2006). Durability in buildings. Camberra, Australia: Editorial ABCB.

Building Research Environmental Group [BRE] (2007). Methodology for environmental profiles of construction products, Draft August 2007, UK: Editorial BRE.

Canadian Standards Association (2001). S478-95 (R2001), Guideline on Durability in Buildings, pp. 9-17. Canadá: Canadian Standards Association (CSA).

Hernández Moreno, S. (2010). Integration of service life in the process of management and design of buildings. Management Research and Practice. Vol. 2(4). 397-408.

International Standards Organization (2000). ISO 15686-1:2000, Buildings and constructed

assets-Service Life Planning, part 1: General Principles. Suiza: International Standards Organization (ISO).

Lacasse, M. A. y Sjöström, C. (2003). Methods for service life prediction of buildings materials and components – recent activities of the CIB W80/ RILEM 175-LSM, Proceedings of the International Workshop on Management of Durability in the Building Process (Milan, Italy 06/25/2003), pp. 1-11, June 01, 2003 (NRCC-45691).

Mayer, Peter. (2005). BLP Durability assessment; Final Report (020 7929 1366) for National Audit Office, 6 de Julio de 2005, Building Life Plans Ltd, EUA.

Macías-Bernal, J. M., Calama-Rodríguez, J. M. y Chávez de Diego, M. J. (2014). Modelo de predicción de la vida útil de la edificación patrimonial a partir de la lógica difusa, en Informes de la construcción, Vol. 66 (533), e006, doi: http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.107.

Ortega-Madrigal, L. (2012). Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma ISO 15686, Tesis de doctorado del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Valencia, España.

Silverio Hernández Moreno
Universidad Autónoma del Estado de México,
Facultad de Arquitectura y Diseño