

CONSIDERACIONES SOBRE EL PERIODO DE SERVICIO DE LAS ESTRUCTURAS EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA

Barrios Corpa, Jorge¹, Vargas Yáñez, Antonio², Ruiz Jaramillo, Jonathan³

1: Área de Construcciones Arquitectónicas
E.T.S. de Arquitectura Universidad de Málaga
e-mail: jbarrios@uma.es, web: <http://www.arquitectura.uma.es/>

2: Área de Construcciones Arquitectónicas
E.T.S. de Arquitectura Universidad de Málaga
e-mail: jbarrios@uma.es, <http://www.arquitectura.uma.es/>

3: Área de Construcciones Arquitectónicas
E.T.S. de Arquitectura Universidad de Málaga
e-mail: jonaruizjara@uma.es, <http://www.arquitectura.uma.es/>

PALABRAS CLAVE: Periodo de servicio, Durabilidad, Vida útil, Estructura.

RESUMEN

Entre las elecciones que deben realizarse en el proyecto de una edificación se encuentra la definición del periodo de servicio o vida útil prevista para el mismo, es decir, el plazo de tiempo durante el que la construcción estará en uso. Esta decisión afecta a los diferentes elementos que integran el edificio y en especial a su estructura portante. La estructura debe garantizar el cumplimiento de los requisitos de capacidad portante y aptitud al servicio durante la vida útil para la que ha sido proyectada, y para ello es necesario disponer las medidas correspondientes para mantener su durabilidad y dimensionar los elementos frente a las acciones prescritas en la normativa. La definición de los valores característicos de las acciones a considerar en el dimensionamiento de la estructura, tiene en cuenta en algunos casos el periodo de servicio previsto para la edificación, si bien en general no se indica de forma explícita la formulación donde interviene esta variable. En el presente trabajo se describen las consideraciones que hace la normativa española estructural para la elección del periodo de servicio, analizando la influencia que éste tiene sobre la durabilidad de los materiales para soportar las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta la estructura, y la variación del valor de las acciones que la solicitan. De este modo, el análisis de la elección del periodo de servicio de la estructura debe realizarse de forma global sobre el conjunto de variables sobre las que influye, y así obtener coherencia en las decisiones de diseño adoptadas.

1. INTRODUCCIÓN

En el paseo por cualquiera de nuestras ciudades, encontramos numerosas edificaciones que, desafiando el paso del tiempo, sobreviven hasta nuestros días. No se trata de una arquitectura forzosamente monumental sino más bien anónima que, pese a haber sido concebida sin una voluntad de mayor trascendencia, y en muchas ocasiones con escasos medios y materiales de una calidad pobre, ha perdurado hasta nuestros días.

Durante el proceso de diseño de cualquier edificio, hay un momento en que tenemos que determinar para qué periodo de vida lo estamos proyectando. Este no es el mismo para todos los edificios, ni tampoco eterna, aunque esa sea la sensación que a veces nos trasmite el conjunto de construcciones y edificaciones “no monumentales” a la que nos hemos referido. Pero, aunque tenemos la sensación de que un edificio se proyecta con voluntad de permanencia, lo cierto es que cualquier obra de arquitectura se proyecta y se construye con la perspectiva de una determinada y finita vida útil.

Por ello, el presente artículo pretende aclarar los conceptos de periodo de servicio o vida útil de una estructura, analizando, entre otras cuestiones, cuál es su influencia en el proceso de diseño estructural, cuál es el periodo de servicio para el que se diseñan las estructuras de edificación más habituales y de qué parámetros depende la modificación al alza o a la baja de dicho periodo.

2. LA NORMATIVA ESPAÑOLA: EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

La redacción del Código Técnico de la Edificación se ha realizado desde un punto de vista prestacional, es decir planteándose una serie de requerimientos que deben cumplir los edificios cuyo desarrollo en los diferentes documentos dan respuesta a las exigencias que la sociedad demanda de sus construcciones.

Aunque no aparecen referencias explícitas al periodo de servicio o vida útil de una estructura en la primera parte del CTE, sí aparecen de manera implícita en el artículo 10 del decreto, cuando se desarrollan las exigencias básicas de seguridad estructural. Así, el objetivo básico consiste en asegurar que será capaz de soportar de manera apropiada los diferentes esfuerzos que se deriven de las acciones que van a actuar sobre la estructura durante su “*uso previsto*”, es decir, durante su vida útil y bajo las condiciones de uso para las que ha sido diseñada. Para ello, los edificios deben proyectarse, construirse y mantenerse de manera adecuada para cumplir dicho requisito de seguridad estructural; o lo que es lo mismo, para que su estructura no pierda sus propiedades resistentes y se comporte adecuadamente ante cualquier acción previsible a lo largo de su periodo de vida. El desarrollo de estas condiciones se recoge en los diferentes DB en función del material estructural empleado, salvo para el caso del hormigón armado, que se aborda en la EHE.

Centrándonos en los aspectos estructurales, encontramos que el término vida útil, equivalente al de periodo de servicio, se define en el DB-SE aptdo. 1.1 como el tiempo durante el cual un edificio debe ser capaz de mantener su capacidad portante, asegurando con la fiabilidad requerida tanto la estabilidad del conjunto como la resistencia necesaria [1]. Este artículo determina la obligatoriedad de definir el periodo de servicio o vida útil de la estructura, poniendo además de manifiesto que, a falta de otras indicaciones específicas, se adoptará 50 años como periodo de servicio. En tanto que el párrafo 2 del mismo artículo establece que los preceptos del DB-SE son aplicables a “*todos los tipos de edificios, incluso los de carácter provisional*”, se podría llegar a entender que en este tipo de edificaciones también se tiene que considerar un periodo de servicio o vida útil de 50 años. Lo que resulta del todo punto de vista absurdo y es matizado por la EHE-08, como veremos más adelante.

Este mismo DB establece en su artículo 3.1.2 que los efectos del paso del tiempo, especialmente aquellos que puedan tener una determinada incidencia en el valor de las acciones actuantes sobre la estructura, deben verse reflejados en las verificaciones o cálculos estructurales. Por ejemplo, si analizamos lo dispuesto en el DB SE-AE sobre acciones en la edificación, y de manera más específica, lo prescrito en el art. 1.5 del anejo D con respecto a la acción eólica, en relación con la comprobación ante estados límites de servicio, o lo que es lo mismo, las deformaciones, observamos que la velocidad básica de incidencia del viento puede modificarse mediante el uso de un coeficiente corrector (tabla 1) que depende de la vida útil prevista para el inmueble.

Tabla 1. Corrección de la velocidad básica del viento según periodo de servicio. (Tabla D.1. DB SE-AE)

Periodo de retorno (años)	1	2	5	10	20	50	200
Coefficiente corrector	0,41	0,78	0,85	0,90	0,95	1,00	1,08

En este caso, como se puede comprobar, el CTE fija la duración estándar de un edificio en 50 años, para la que se determina el coeficiente 1,0, que varía en función de la modificación del periodo de servicio. De este modo, si proyectamos el edificio para un periodo de vida de 200 años, el empuje del viento aumentará hasta un 8%, mientras que disminuirá hasta el 41% cuando se trate de una estructura provisional concebida para una duración de menos de un año. Para periodos intermedios entre los recogidos en la tabla, el coeficiente corrector es un valor interpolado entre los de los periodos indicados.

El DB SE incluye de manera general el desarrollo de lo que acabamos de ver (particularizado para la acción eólica) en su anejo C, y más concretamente en su apartado C.3 “*Criterios para el fallo estructural*”. En dicho anejo se indica la forma general de realizar el análisis estructural mediante la adopción de un criterio de fallo que se encuentra regido por una serie de funciones básicas del tipo $F(x)$ que definen cada uno de los mecanismos de fallo que se pretendan analizar, siendo x cada una de las variables básicas que determinan la resistencia estructural. Como es natural, muchas de estas variables dependen del tiempo y en muchos casos, sus valores proceden del análisis mediante procesos estocásticos. De este modo, la consideración del tiempo en el análisis de estas variables implica que los máximos y mínimos de todas ellas no se producen a la vez, teniendo además una incidencia fundamental en su magnitud, que como decimos, variará en función del tiempo considerado. En este sentido, incide en la modificación de la magnitud de las acciones ambientales como la ya descrita y desde el punto de vista de la resistencia estructural, de su posible afección por la degradación de los materiales constituyentes o por los procesos de fatiga.

La consideración de forma conjunta de cada una de las funciones consideradas $F_1(x), F_2(x), \dots$, permite definir la probabilidad de fallo de la estructura mediante una expresión del tipo $P_f = \{F_i(x) < 0\}$, considerando el estado límite último como aquel en que $P_f = \{F_i(x) = 0\}$. En relación a esta probabilidad de fallo, la incidencia del tiempo implica que esta función está asociada a un periodo de referencia elegido, es decir que la función estará definida según la vida útil establecida por el proyectista. De esta manera, resulta evidente la implicación del tiempo sobre cada una de las funciones que definen cada uno de los parámetros químicos, físicos o biológicos que, para un determinado periodo, van a marcar la durabilidad de la estructura, o lo que a efectos de resistencia se refiere, la capacidad de la estructura para resistir las acciones a las que va a estar sometida a lo largo de su vida. En este sentido, el artículo 4.4 del propio DB-SE incide sobre las implicaciones de la durabilidad y establece la obligación de considerarla en los cálculos, ya sea mediante el uso de métodos implícitos o explícitos. A grandes rasgos, el método implícito consiste en la adopción de medidas que impidan el efecto de la degradación. Por ejemplo, en el caso del hormigón, aumentar el recubrimiento o la calidad de este, eliminando su porosidad y por tanto el riesgo de ataques. Por el contrario, el método explícito implica la adopción de una formulación específica que analice el comportamiento de la estructura tanto frente a las acciones exteriores como frente a las acciones inherentes al paso del tiempo, tanto para los estados límites últimos como para los estados límites de servicio. Así, tal y como se expresa en el documento, “*dichas acciones se representarán mediante modelos adecuados que permitan describir sus efectos en el comportamiento estructural*” [2].

Si tenemos en cuenta la determinación incluida en el artículo anterior sobre el uso de métodos implícitos y explícitos, podremos entonces comprender la indicación del art. C.3.1.6 del DB-SE que establece que para poder aplicar de una manera directa los métodos probabilistas explícitos debe demostrarse que para un determinado periodo de referencia t_0 la probabilidad de fallo de la estructura o del elemento estructural, definido como hemos visto antes por P_f , no supera la probabilidad de fallo admisible $P_{f,0}$. Es decir:

$$P_f \leq P_{f,0} \quad (1)$$

La trasposición de esta expresión a la nomenclatura que se utiliza habitualmente en las comprobaciones estructurales implica que $E_d \leq R_d$; o lo que es lo mismo, que el valor de la resistencia de cálculo, R_d será en todo momento superior al valor de cálculo del efecto producido por las acciones actuantes E_d . O escribiéndolo de forma análoga a la indicada por la norma, que $\sigma_{calc} \leq \sigma_{adm}$, expresión con la que estamos familiarizados. Estas prescripciones son desarrolladas en el artículo 5 del DB-SE en el que, de forma muy resumida, se indica que el valor de cálculo de la resistencia del elemento estructural se determina mediante la siguiente expresión basada en métodos experimentales:

$$R_d = \frac{R_{k,est}}{\gamma} \cdot \frac{m_n}{\gamma_{Rd}} \quad (2)$$

En esta $R_{k,est}$ es el valor de la resistencia característica que se emplea habitualmente, R_k , pero en este caso, determinado por métodos experimentales y estadísticos; γ , el coeficiente de minoración de resistencia; m_n , el valor medio del factor de conversión; y γ_{Rd} , el coeficiente de incertidumbre para el modelo de resistencia. Como vemos, aplicando esta expresión lo que estamos haciendo es considerar el tiempo en forma de un coeficiente determinado por el factor m_n/γ_{Rd} , que corrige los valores que habitualmente empleamos en los cálculos. Esto es lo que se producía cuando vimos anteriormente la incidencia de los coeficientes de la tabla 1 (tabla D.1 del DB SE-AE), referida a la consideración de la acción del viento.

Si continuamos con el análisis del anejo C, encontramos que el artículo C.4 se centra en el estudio de los niveles de fiabilidad estructural y establece un valor máximo admisible para la probabilidad de fallo de la estructura. Así, la *“probabilidad de fallo admisible para una estructura depende de la probabilidad condicional de que una persona muera dado el colapso de esta estructura, y del riesgo mortal individual admisible asociado a los edificios”* [3], lo que se define matemáticamente mediante la expresión:

$$P(f, \text{año}) \cdot P(d, f) \leq r_{i,adm} \quad (3)$$

Donde $P(f, \text{año})$ es la probabilidad de que se produzca el fallo de la estructura teniendo un año como periodo de referencia; $P(d, f)$ la probabilidad de que un usuario del edificio se encuentre en el mismo en el momento del colapso y fallezca como consecuencia de este; $r_{i,adm}$ el riesgo mortal individual admisible. Para la definición de estas funciones se utiliza un año como periodo de referencia aunque deben ser valores que se obtengan como promedio para un periodo de tiempo concreto, el cual, debería asociarse al periodo de vida útil del inmueble o alternativamente un periodo de referencia que de 10 a 20 años [4].

Por supuesto, desde el punto de vista de la optimización económica (C.4.2), en este discurso tendrá un papel importante el coste de las medidas a adoptar en relación a la probabilidad de que se produzca el fallo estructural y en consecuencia del número de víctimas previsibles. Con lo que se relaciona el concepto de optimización económica establecido en el documento con la minimización del coste total de la obra a lo largo de la vida útil del edificio [5].

En el anejo C.5.3 del documento se explica el proceso mediante el cual se simplifica el trabajo con funciones que, a priori, dependen del tiempo, adoptando otras en las que éste se ha fijado dejando de ser un parámetro variable. Concretamente, este apartado define específicamente dos situaciones que pueden afectar a la estructura en función del tiempo: las debidas a la sobrecarga y aquellas producidas por la acumulación de daños derivados de circunstancias como la fatiga, corrosión de los materiales que conforman la estructura y otros mecanismos de deterioro similares. En los procedimientos normales, estas variables temporales se fijan para un periodo de tiempo determinado, considerando valores fijos tanto para las sobrecargas como para las funciones utilizadas en la descripción de los efectos de los fallos producidos

por fatiga, degradación u otros. En consecuencia, estos valores podrían modificarse si se consideran nuevos periodos de referencia, con lo que obtendríamos nuevos valores de sobrecargas, o funciones descriptivas del comportamiento de la estructura ligeramente diferentes a las habitualmente empleadas.

Sin embargo y a pesar de todas las consideraciones expuestas anteriormente, la clave, curiosamente, nos la aportan los fundamentos incluidos en el documento DB-SE anejo D con respecto a la evaluación de edificios existentes. En el artículo D.1.2 aptdo. e) se indica que *“se puede considerar, en muchos casos, un período de servicio reducido, lo que se traduce también en una reducción de las exigencias”* [6]. Esta frase es especialmente descriptiva y resume, con claridad todo lo comentado sobre la incidencia del tiempo en el análisis de la resistencia estructural.

3. EHE-08

La actual norma de estructuras de hormigón española, EHE-08, emplea el término *“vida útil de la estructura”* para referirse al mismo concepto que el CTE denomina *“periodo servicio”* y al que, como hemos visto anteriormente, hace referencia el DB SE, art. 1.

Su predecesora, la EHE-98, en su artículo 5 *“Requisitos esenciales”* concretaba expresamente que toda estructura debe ser capaz de soportar, a lo largo de su existencia, todas las solicitaciones a las que se encontrase sometida. Y aunque dicha redacción ha desaparecido del articulado de la norma actual, es obvio que este sigue estando vigente. Esto nos lleva a la necesidad de definir la vida útil para la que se proyecta la estructura y a que ésta debería ser fijada por la propiedad antes del desarrollo del proyecto.

Así, según se recoge en el preámbulo de la EHE-08, con la última redacción de la instrucción se ha profundizado en el tratamiento de la durabilidad del hormigón, incluyendo procedimientos para la determinación de su vida útil. Al igual que su antecesora, la instrucción dedica el artículo 5 de su texto a definir los requisitos de seguridad y funcionalidad estructural, seguridad en caso de incendio, e higiene, salud y protección del medio ambiente, que deben cumplir las estructuras de hormigón. Vincula dichos requisitos a la definición previa y por parte de la propiedad de la vida útil de la estructura: *“la propiedad deberá fijar previamente al inicio de proyecto, la vida nominal de la estructura”*; que en cualquier caso, no podrá ser inferior a los especificado en las reglamentaciones específicas o a los valores recogidos en la tabla 5 de la Instrucción. Estas especificaciones concretas que recoge dicha tabla son una novedad de la EHE-08, ya que la EHE-98 en su artículo 5 se limitaba a establecer en sus comentarios que *“la vida útil del proyecto es una magnitud que debe fijar la Propiedad previamente al inicio del proyecto”* [7].

Tabla 2. Relación entre la vida útil y el tipo de estructura (tabla 5 – EHE-08)

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

A pesar de lo anterior, posteriormente en los comentarios del artículo de la versión comentada de la Instrucción editada por el Ministerio, se establece que, en los edificios se usos sanitario o educacional, es conveniente valorar la posibilidad de considerar una vida útil de al menos 75 años dada las importantes repercusiones socioeconómicas que conllevan. Aparece de este modo una definición de los distintos

periodos de “*vida útil nominal*” que pueden atribuirse a los diferentes elementos estructurales en función del carácter del edificio que permite matizar la primera valoración del periodo de servicio de la estructura realizada por el CTE DB-SE. Aunque es evidente que la matización de las distintas alternativas se realiza desde la normativa específica del hormigón, al no existir criterios normalizados en la normativa referente a otros materiales y siendo los criterios de asignación independientes del material empleado en la estructura, puede considerarse un criterio adecuado emplear la prescripción de la EHE siempre, independientemente del tipo del material empleado en la estructura (que también puede ser más de uno). Con independencia de ello, conforme al apartado 2.1.1 del mismo DB, el proyecto debe recoger en su memoria el periodo de servicio previsto, cuando éste sea distinto de 50 años lo que, conforme al texto de la EHE, debe ser una adopción expresa del promotor y de la cual se debería dejar constancia en el propio proyecto, evitando con ello reclamaciones futuras.

La norma relaciona la vida útil de la estructura con la estrategia de durabilidad eficaz coherente con la duración de la misma, conforme a lo indicado en el capítulo VII de su articulado, así como con otros aspectos relacionados con la definición de acciones y la seguridad estructural.

Los comentarios de la EHE-08 son especialmente clarificadores para conocer a que se está refiriendo la Instrucción en su articulado. La norma entiende por vida útil de la estructura “*el periodo de tiempo, a partir de la fecha en la que finaliza su ejecución, durante el que debe mantenerse el cumplimiento de las exigencias. Durante ese periodo requerirá una conservación normal, que no implique operaciones de rehabilitación*” [8]. Y equipara el término “*vida útil*” al de “*periodo de servicio*” que emplea el Código Técnico de la Edificación.

La EHE-08 define la durabilidad de las estructuras como uno de los tres estados límites (“*estados límites últimos, estados límites de servicio y estado límite de durabilidad*”) en su artículo 8 y establece que, para proyectar la estructura conforme a su Estado Límite Último, se debe clasificar la agresividad del ambiente al que estará expuesta conforme al artículo 8 de la instrucción y desarrollar una estrategia eficaz conforme al título 4º de la misma norma.

La normativa sobre el hormigón armado relaciona la vida útil para la que ha sido proyectada la estructura con la durabilidad de la misma. De hecho, la EHE-08 define la durabilidad de una estructura de hormigón como “*la capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físico y químicas a las que está expuesta y que podrían provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones en el análisis estructural*” [9]. Para alcanzar este objetivo, la norma establece que la estructura debe diseñarse conforme a las especificaciones del capítulo 7 de su articulado y que, alternativamente, se podrá comprobar el Estado Límite de Durabilidad conforme a lo indicado en el apartado 1 del anejo nº 9.

Las consideraciones del capítulo 7 de la Instrucción están dirigidas hacia estructuras “*convencionales no sometidas a situaciones de agresividad extraordinaria*” [10] y reconoce en sus comentarios que, en algunos casos, es conveniente recurrir a métodos alternativos para preservar la durabilidad de la estructura o para determinar su vida útil (como son los recogidos en el anejo nº 9 de la propia Instrucción).

La EHE-08 entiende, en el artículo 8.1.4, por Estado Límite de Durabilidad “*el producido por las acciones físicas y químicas, diferentes a las cargas y acciones del análisis estructural, que puede degradar las características del hormigón o de las armaduras hasta límites inaceptables*” [11]. Establece que la comprobación del mismo consistente en verificar el cumplimiento de la condición:

$$t_L \geq t_d \quad (4)$$

donde t_L es el “*tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa*” y t_d el “*valor de cálculo de la vida útil*” [12].

Debido a lo anterior, es necesaria la identificación del tipo de ambiente al que va a estar a estar expuesto cada elemento estructural, el cual se define por las condiciones generales de exposición frente a la corrosión de las armaduras (artículo 8.2.2) y por las clases específicas de exposición a otros procesos de degradación que procedan en cada caso (artículo 8.2.3) y que deben quedar reflejadas en la designación del ambiente mediante el signo de adición “+”. Así, cuando existan distintos tipos de exposición, el autor del proyecto definirá diferentes grupos con características similares, por ejemplo pilares, vigas de cubierta, cimentación, etc. En la edificación, ese criterio de agrupación no suele ser habitual y en la mayoría de las ocasiones tampoco es lógico. La práctica habitual suele distinguir entre cimentación y estructura y al referirse a ésta, considerar la situación más desfavorable, salvo que ésta esté bien definida y localizada y penalice mucho al resto de la estructura.

4. NORMA SISMORRESISTENTE (NCSE-02)

El concepto de vida útil, como “*periodo de vida para el que se proyecta la construcción*” se contempla en la NCSR-02 a la hora de definir la acción sísmica de cálculo, que queda definida mediante la expresión:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad (5)$$

donde ρ es un coeficiente adimensional de riesgo, el cual es “*función de la probabilidad aceptable de se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción*”. El valor de los coeficientes, según concreta la norma en el artículo 2.2 “*Aceleración sísmica de cálculo*”, es de $\rho = 1,0$ para construcciones de importancia normal y $\rho = 1,3$ para construcciones de importancia especial.

La definición del valor de este coeficiente puede inducir a pensar que no depende del periodo de vida útil, ya que se define en función de la clasificación de la importancia de la estructura, sin que se haga una referencia a la vida útil para la que se proyecta la construcción. De su lectura inmediata tan solo se deduce que, para construcciones de importancia especial se incrementa el valor de la aceleración de cálculo en un 30%. Inicialmente, no parece que el coeficiente esté afectado por el periodo de servicio para el que se proyecta la construcción, sino por su valor social, cultural, o de servicios imprescindibles para la comunidad o porque su destrucción pueda ocasionar un alto número de vidas. Ahora bien, esta interpretación no es totalmente correcta, como demuestra un acercamiento al problema desde la propia definición de la acción sísmica. Un mayor periodo de vida implica que la intensidad del sismo que se puede esperar que afecte a un edificio se incrementa. Por ello, en caso de proyectar construcciones cuyo periodo de vida sea mayor a las de una construcción estándar de 50 años, (es decir construcciones de especial importancia, con periodos de vida útil de 100 años), la acción sísmica se incrementa en un 30%. De este modo, al considerar la importancia de la edificación se está considerando la vida útil o periodo de servicio para el que se proyecta, lo que incide en la intensidad de la acción sísmica considerada.

El objeto del cálculo sismorresistente es verificar la seguridad de las construcciones ante las acciones sísmicas que puedan actuar sobre ellas durante su período de vida útil. El análisis de la resistencia sísmica de los edificios, según la normativa española NCSE-02, se basa en la definición de un espectro de respuesta normalizado. Según define la propia norma, la aceleración sísmica básica se obtiene mediante la expresión $\log a_b = 0,301 \cdot I - 0,232$, donde I es el valor de la intensidad sísmica y a_b corresponde a la aceleración sísmica básica del lugar, expresada en gals. Ahora bien, según estudios realizados en la Comunidad Andaluza, la probabilidad de que la aceleración sísmica básica se supere para un edificio cuya vida sea 50 años es del 10% de media [13], llegando ese porcentaje a ser del 20% en localidades como Sevilla y de hasta el 70% en edificios cuya esperanza de vida supere los 200 años [14].

5. CONCLUSIONES

El análisis de la influencia de las condiciones de vida útil o periodo de vida de una estructura en la normativa española demuestra que los procedimientos estadísticos habitualmente empleados en el cálculo de estructuras consideran un periodo de vida de 50 años para aquellas estructuras que podríamos denominar como convencionales. Este periodo se amplía hasta los 100 años para estructuras monumentales o edificios de importancia especial. En aquellos casos en los que estimemos que la vida del edificio será superior a los 50 años, el tiempo tendrá una influencia fundamental en el análisis de las variables de durabilidad y resistencia de cálculo de la estructura. Esto en la práctica implicará la modificación al alza de los coeficientes de seguridad, siempre y cuando se utilicen métodos explícitos de análisis, es decir, cuando la solución no pase por la adopción de medidas relacionadas con la utilización de mejores materiales o soluciones constructivas específicas.

Lo mismo sucede para el caso de las cargas, y especialmente en el caso de las cargas variables, y en las de viento y sismo. En estos casos, en función del periodo de vida de la estructura se considerarán acciones de mayor intensidad, lo que en la práctica equivale a utilizar unos coeficientes de seguridad de mayoración de las acciones mayores que los utilizados habitualmente.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] Gobierno de España. *Código Técnico de la Edificación. DB-SE*. Ministerio de la Vivienda, Madrid, 2010. Pg. 1.

[2] *Ibíd.* Pg. 14.

[3] *Ibíd.* Pg. 25.

[4] *Loc. Cit.*

[5] Laffarga Briones, J. and Laffarga Osteret, J. El coste de la durabilidad en las estructuras de hormigón. *E.T.S. de Arquitectura de Sevilla, Cuadernos de Construcción*. Nº 5. (1993).

[6] Gobierno de España. *Op. Cit.* Pg. 33.

[7] Gobierno de España. *Instrucción de Hormigón Estructural EHE-98*. Madrid: Ministerio de Fomento, 1998. Pg. 21.

[8] *Ibíd.* Pg. 23.

[9] *Ibíd.* Pg. 105.

[10] *Loc. Cit.*

[11] *Loc. Cit.*

[12] *Ibíd.* Pg. 7.

[13] Arango González, J. R. *Introducción al estudio de la vulnerabilidad sísmica de los edificios históricos de Granada*. Universidad de Granada, Granada, 2003. Pg. 23.

[14] Gentil Govantes, P. *El riesgo sísmico de Sevilla*. Universidad de Sevilla, Sevilla, 1999.