



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Tesis

**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**

Por

Leticia Ortega Madrigal

Directores:

José María Fran Bretones

Begoña Serrano Lanzarote

Valencia, Diciembre 2012





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Tesis

**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**

Por

Leticia Ortega Madrigal

Tesis presentada para obtener el título de Doctora por la Universitat Politècnica de València

Directores: José María Fran Bretones y Begoña Serrano Lanzarote

Universidad Politécnica de Valencia

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Departamento de Construcciones Arquitectónicas

Valencia, Diciembre 2012



## **Dedicatoria**

Todo el trabajo que aquí se expone ha sido posible gracias a mi familia, que ha sabido comprender cada minuto de mi ausencia.

Me gustaría mencionar de forma especial a mi amiga y compañera, Begoña Serrano, por acompañarme, apoyarme y ayudarme en este largo camino.

También quisiera dedicar esta tesis a la persona con la que comparto mi vida y que me ha hecho más llevadero el camino hasta aquí, ya que, aunque sé que nunca se leerá las páginas que se exponen a continuación, las valora más que nadie.

Por último, aunque aún ni siquiera nos hemos visto en persona, le dedico este trabajo a Leo, pues cada una de estas líneas las escribí pensando en él y en el día que por fin podríamos encontrarnos.



## **Agradecimientos**

La elaboración de este trabajo ha sido posible gracias a los medios materiales y a la infraestructura facilitados por el Instituto Valenciano de la Edificación.

En relación a la ayuda prestada por el Instituto Valenciano de la Edificación, agradezco especialmente la ayuda e implicación prestadas por Luis Esteban Domínguez, Director Gerente del Instituto, y a Francisco Cosme de Mazarredo Pampló, Jefe de Servicio de Calidad en la Edificación de la Dirección General de Obras Públicas, Proyectos Urbanos y Vivienda, por ser el inspirador de la idea y por el conocimiento aportado a la investigación en materia de durabilidad.

Mi más sincero agradecimiento a su vez, al Dr. José María Fran Bretones, por guiarme en todo el proceso.

Agradecimientos también a todos aquellos que directamente o indirectamente hayan colaborado en los diferentes apartados de este trabajo, resolviendo mis dudas, participando en la encuesta, cediéndome información...etc., pues este trabajo tiene un poco de cada uno de ellos.



## Resumen

En los últimos años se ha percibido un aumento en el interés por determinar la durabilidad y la vida útil de los elementos constructivos de los edificios, así como de sus componentes y materiales. Este interés ha venido de la mano de cuestiones medioambientales y económicas. Por un lado, la durabilidad está directamente relacionada con la búsqueda de un desarrollo sostenible, tema en el que se están invirtiendo muchos esfuerzos a nivel internacional. Por otro lado, los edificios existentes, entendidos como capital inmobiliario, representan una cantidad importante del capital nacional, por lo que los costes de inspección y mantenimiento de estos edificios son de gran importancia para la economía de un país. Estos gastos se podrían reducir estudiando la durabilidad de los diferentes sistemas y seleccionando aquellos más duraderos.

En este contexto, se efectúa una 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. Los principales resultados que se han obtenido en el proceso de elaboración de la metodología son una base de datos de durabilidades de los diferentes componentes constitutivos de los elementos constructivos y una caracterización de las lesiones que más afectan a los elementos constructivos de fachada y cubierta.

En estos momentos en los que el sector de la construcción necesita cambiar el modelo que se ha aplicado en las últimas décadas, un avance de las características del que se ha conseguido con la investigación expuesta en este documento, permite dar pasos en el camino de la mejora de la calidad y la sostenibilidad en el sector de la construcción, impulsando un mejor conocimiento de los componentes y sistemas constructivos que empleamos. No podremos mejorar aquello que no sepamos cómo se comporta.

## Resum

En els últims anys s'ha percebut un augment en l'interès per determinar la durabilitat i la vida útil dels elements constructius dels edificis, així com dels seus components i materials. Este interès ha vingut de la mà de qüestions mediambientals i econòmiques. D'una banda, la durabilitat està directament relacionada amb la recerca d'un desenvolupament sostenible, tema en què s'estan invertint molts esforços a nivell internacional. D'altra banda, els edificis existents, entesos com a capital immobiliari, representen una quantitat important del capital nacional, per la qual cosa els costos d'inspecció i manteniment d'estos edificis són de gran importància per a l'economia d'un país. Aquests gastos es podrien reduir estudiant la durabilitat dels diferents sistemes i seleccionant aquells més duradors.

En este context, s'efectua una proposta metodològica per a estimar la vida útil dels sistemes constructius de fatxades i cobertes utilitzats actualment amb més freqüència en l'edificació espanyola a partir del mètode proposat per la norma ISO-15686. Els principals resultats que s'han obtingut en el procés d'elaboració de la metodologia són una base de dades de durabilitats dels diferents components constitutius dels elements constructius i una caracterització de les lesions que més afecten els elements constructius de fatxada i coberta.

En estos moments en què el sector de la construcció necessita canviar el model que s'ha aplicat en les últimes dècades, un avanç de les característiques de què s'ha aconseguit amb la investigació exposada en este document, permet donar passos en el camí de la millora de la qualitat i la sostenibilitat en el sector de la construcció, impulsant un millor coneixement dels components i sistemes constructius que fem. No podem millorar allò que no sabem com es comporta.

## **Abstract**

Recently, it has been seen an increased interest in determining the durability and the service life of building constructive elements, their components and materials. This interest has come along with economic and environmental issues. On the one hand, durability is directly related to the search of a sustainable development, a subject on which much effort is being invested at an international level. On the other hand, existing buildings, defined as capital property, represent a significant amount of the national capital; therefore, the costs of inspection and maintenance of these buildings are of great importance for the economy of a country. Studying the durability of different building systems and selecting the most durable ones could reduce these costs.

In this context, based on the method proposed by ISO-15686, a methodological proposal is executed to estimate the service life of the most frequently used building systems for facades and roofs at present in Spain. The main results obtained in the process of the methodology elaboration are a database, including the durability of different components of construction elements, and the characterization of the lesions that most affect the constructive elements of facade and roof.

In these times in which the construction industry needs to change the model applied in the past decades, a step of this type could represent a quality and sustainability improvement in the building sector, as it will promote a better understanding of the components and building systems we use. We cannot improve what we do not know how it behaves.



## **ENTREGABLES DE LA TESIS**

### **Libro**

Documento compuesto por 6 capítulos y 7 anejos:

- Capítulo 1: Introducción
- Capítulo 2: Objetivos de la investigación
- Capítulo 3: Metodología de trabajo
- Capítulo 4: Estado del arte
- Capítulo 5: Propuesta de una metodología para estimar la vida útil de los sistemas constructivos habituales para fachadas y cubiertas
- Capítulo 6: Conclusiones
- Anejo A Ejemplo de aplicación
- Anejo B Valoración de las fuentes utilizadas en el estudio multicriterio
- Anejo C Cuestionario del método Delphi utilizado en la primera ronda y sus resultados
- Anejo D Principales características de los factores considerados
- Anejo E Glosario
- Anejo F Bibliografía
- Anejo G Índice de tablas, figuras y gráficas

### **CD-ROM**

Contiene:

- El libro en formato pdf.
- Método para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española en formato xls.



# ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	<b>15</b>
1.1 Planteamiento .....	15
1.2 Definición de conceptos en materia de durabilidad .....	17
<b>2. Objetivos de la investigación</b> .....	<b>21</b>
2.1 Objetivo general .....	21
2.2 Objetivos específicos .....	21
<b>3. Metodología de trabajo</b> .....	<b>23</b>
<b>4. Estado del arte</b> .....	<b>25</b>
4.1 Antecedentes .....	25
4.1.1 Antecedentes en materia de predicción de la vida útil en el sector de la construcción .....	25
4.1.2 Antecedentes en materia de durabilidad de materiales y componentes de los elementos constructivos .....	30
4.2 Exigencias en materia de durabilidad contempladas en diversas normativas ..	33
4.3 Principales métodos para predecir la vida útil .....	40
4.3.1 Métodos deterministas .....	40
4.3.2 Métodos probabilísticos .....	40
4.3.3 Métodos de ingeniería .....	40
4.4 Método de los factores .....	41
4.4.1 Orígenes del método .....	41
4.4.2 Descripción del método como se presenta en la norma ISO 15686 .....	43
4.4.3 Aplicación del método de los factores .....	50
4.5 Otros métodos relevantes para la predicción de la vida útil .....	54
4.5.1 Métodos probabilísticos .....	54
4.5.2 Variables definidas como distribuciones: enfoques semideterministas - semiprobabilísticos .....	56
4.5.3 Métodos de ingeniería .....	57

4.6	Conclusiones.....	60
4.6.1	Métodos deterministas.....	60
4.6.2	Métodos probabilísticos.....	60
4.6.3	Métodos semideterministas – semiprobabilísticos.....	61
4.6.4	Métodos de ingeniería.....	61
4.6.5	Selección del método a emplear.....	61
<b>5.</b>	<b>Propuesta de una metodología para estimar la vida útil de los sistemas constructivos habituales para fachadas y cubiertas.....</b>	<b>63</b>
5.1	Caracterización de los sistemas constructivos objeto de estudio.....	63
5.1.1	Justificación de la elección de fachadas y cubiertas como elementos constructivos objeto de estudio.....	63
5.1.2	Tipologías de fachada y cubierta más frecuentes en la edificación española.....	67
5.2	Durabilidad de componentes empleados en los elementos constructivos.....	71
5.2.1	Estudio multicriterio.....	72
5.3	Procesos patológicos más comunes en los elementos constructivos considerados.....	83
5.3.1	Estudio bibliográfico sobre los procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas.....	83
5.3.2	Método Delphi.....	91
5.4	Identificación de los factores a considerar en el método para la predicción de la vida útil de referencia de los sistemas constructivos considerados.....	100
5.4.1	Análisis de las lesiones más frecuentes.....	100
5.4.2	Análisis de los factores propuestos por los expertos consultados.....	142
5.4.3	Propuesta de factores.....	143
5.5	Propuesta de método para la predicción de la vida útil de los sistemas constructivos considerados.....	148
5.5.1	Ámbito de aplicación del método propuesto.....	148
5.5.2	Funcionamiento del método propuesto.....	149
5.5.3	Vida útil de referencia.....	150
5.5.4	Factores incluidos en el método.....	152
5.5.5	Valores asignados a cada factor.....	152
5.5.6	Diagramas de evolución de la vida útil del elemento constructivo.....	153
5.5.7	Fichas operativas del método propuesto.....	156
5.5.8	Observaciones en relación a la aplicación del método.....	172

<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>173</b>
<b>Anejo A Ejemplo de aplicación .....</b>	<b>177</b>
<b>Anejo B Valoración de las fuentes utilizadas en el estudio multicriterio.....</b>	<b>187</b>
<b>Anejo C Cuestionario del método Delphi utilizado en la primera ronda y sus resultados .....</b>	<b>191</b>
<b>Anejo D Principales características de los factores considerados .....</b>	<b>197</b>
<b>Anejo E Glosario .....</b>	<b>241</b>
<b>Anejo F Bibliografía .....</b>	<b>243</b>
<b>Anejo G Índice de tablas, figuras y gráficas .....</b>	<b>257</b>



# 1. Introducción

## 1.1 Planteamiento

Tal y como afirman Moser y Hovde en su estudio "*Performance based methods for service life prediction*" (Moser y Hovde 2004), en los últimos años se ha percibido un aumento en el interés por determinar la durabilidad y la vida útil de los elementos constructivos de los edificios, así como de sus materiales y componentes. Este interés está justificado tanto por cuestiones económicas como medioambientales. Entre las cuestiones económicas se encuentran las siguientes:

- Durante la segunda mitad del Siglo XX hubo una intensa actividad en el sector de la construcción, por ello hoy, ya en el Siglo XXI, los edificios existentes, entendidos como capital inmobiliario, representan una cantidad importante del capital nacional de los países.
- Los costes anuales de inspección y mantenimiento de un edificio son de gran importancia ya sea para la economía de un país, o el mantenimiento de la competitividad de una industria o empresa.

Respecto a las cuestiones medioambientales destacan las siguientes:

- La escasez de recursos materiales y energéticos.
- El Impacto medioambiental causado por los edificios.

La durabilidad está directamente relacionada con la búsqueda de un desarrollo sostenible, tema de plena actualidad y en el que se están invirtiendo muchos esfuerzos a nivel internacional. En Europa, se ha demostrado que el sector de la construcción ha sido el responsable aproximadamente de:

- El 40% del material de consumo.
- El 40% del consumo de energía.
- El 40% de los depósitos de residuos en los vertederos.
- El 35% de las emisiones de gases efecto invernadero.<sup>1</sup>

A la vista de estos datos, incluso una reducción limitada en el consumo de materiales o de energía, o en la generación de residuos, representaría ahorros totales significativos que tienen el potencial de afectar en gran medida al conjunto de la sociedad. Se espera que una importante contribución a los cambios en este ámbito se deban a la concienciación de lo que influye la durabilidad de los materiales y sistemas y de cuán importante es el establecer métodos fiables para las pruebas de durabilidad y para la predicción de la vida útil. Cada vez más, los fabricantes de materiales y sistemas constructivos son conscientes

---

<sup>1</sup> Los porcentajes relativos al sector de la construcción en Europa son datos aportados por la Plataforma Tecnológica Española de Construcción ([www.construccion2030.org](http://www.construccion2030.org)) en el documento "Visión estratégica 2025" (Plataforma Tecnológica Española de la Construcción 2010)

de esta problemática y buscan métodos para evaluar el riesgo prematuro de deterioro de sus productos debido a unas condiciones específicas.

Cómo no podemos conocer la vida útil con antelación, la meta pasa a ser el conseguir una predicción de la vida útil lo más fiable posible usando los datos de los que disponemos actualmente. Por ello, el trabajo de investigación que a continuación se desarrolla consiste en una propuesta metodológica para la predicción de la vida útil de los sistemas constructivos habituales para fachadas y cubiertas.

Los principales campos en los que se busca avanzar con el desarrollo de una metodología de estimación de la vida útil son, por un lado, en el establecimiento del coste del ciclo de vida de los elementos constitutivos de un edificio y, por otro lado, en la estimación de las cadencias de reposición de estos elementos, requeridas para una adecuada planificación del mantenimiento.

De esta forma, planificando las necesidades de inversión de un edificio durante la vida útil y su adecuado mantenimiento, se puede buscar la combinación más rentable para la sociedad, en general, y para los propietarios, en particular (ISO 2000).

## 1.2 Definición de conceptos en materia de durabilidad

En el desarrollo del trabajo que aquí se expone se utiliza una terminología específica en la materia que en algunos casos puede dar lugar a confusión. Por ello se ha considerado de utilidad definir los diferentes términos.

### Durabilidad

En la norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) la durabilidad se define como la capacidad de los edificios o alguna de sus partes para desenvolver el papel para el cual fueron diseñados durante un periodo específico bajo la influencia de determinados agentes. También indica que la durabilidad no es una propiedad inherente de un material o componente.

Monjo, por otro lado, define la durabilidad como la capacidad de un elemento constructivo de mantener sus características fisicoquímicas sin alterar durante su vida útil, mientras está expuesto a las acciones externas previsible, al menos para asegurar su correcta funcionalidad constructiva. Depende de su vulnerabilidad, de la calidad del elemento y de su mantenimiento, incluidas las tolerancias admisibles de las exigencias funcionales (Monjo Carrió 2007).

En la norma EHE 08 (Ministerio de Fomento 2008) se define el concepto de durabilidad de una estructura de hormigón como su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

### Vida útil

En la norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000), la vida útil de un edificio se define como el periodo de tiempo desde que se construye hasta que éste o alguna de sus partes deja de ser adecuado para el uso al que está destinado.

La norma diferencia a su vez la vida útil de diseño, la vida útil de referencia, la vida útil estimada y la vida útil residual, conceptos que nos serán necesarios para el entendimiento del método de los factores, explicado más adelante.

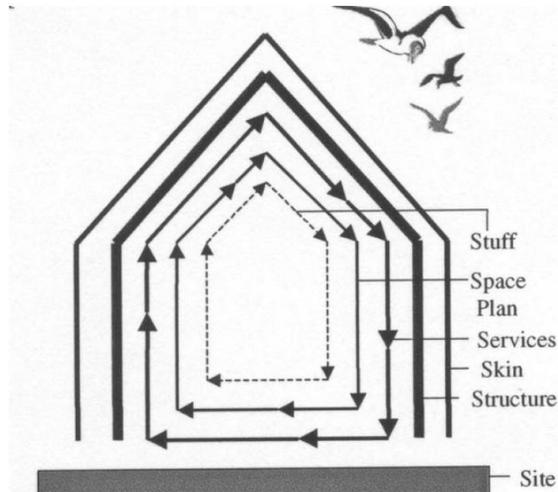
La **vida útil de diseño** se define como aquella esperada por el proyectista.

La **vida útil de referencia** se define como aquella que se espera de un edificio o sus partes (o se prevé que la tenga) en un determinado conjunto (fijado) de condiciones de uso.

La **vida útil estimada** se define como aquella que se espera de un edificio o alguna de sus partes en unas determinadas condiciones de uso calculada corrigiendo la vida útil de referencia en términos de materiales, proyecto, condiciones ambientales, uso y mantenimiento.

La **vida útil residual** se define como el período de vida útil que le queda a un edificio o alguna de sus partes en un determinado momento.

Stewart Brand (Brand 1995) describe la relación que debe existir entre la vida útil de los diferentes elementos constructivos de un edificio según su función. Se muestra a continuación el esquema que plantea:



**Figura 1 - Relación óptima entre la vida útil de los diferentes elementos constructivos de un edificio según su función (Brand 1995)**

### Final de la vida útil

Todos los métodos de diseño requieren una definición clara del final de la vida útil. Sin embargo este término no es universal ni es fácil de definir. En términos generales, es el punto en el tiempo cuando la función para la que fue concebido un edificio o elemento ya no se puede realizar.

La directiva sobre productos de la construcción (Comisión Europea 1999) abogó por definir la vida útil como el período de tiempo durante el cual los requisitos esenciales se cumplen. Por lo que se desprende de esta definición, el final de la vida útil se dará cuando los requisitos esenciales dejen de cumplirse. Los requisitos esenciales establecidos son:

1. Estabilidad y resistencia mecánica
2. Seguridad en caso de incendio
3. Higiene y salubridad
4. Seguridad de utilización
5. Protección contra el ruido
6. Ahorro de energía

Según Moser y Hovde (Moser y Hovde 2004), las propiedades de los diferentes elementos constructivos del edificio pueden determinar diferentes definiciones para el final de la vida útil:

- **Seguridad:** No se alcanza el final de la vida útil de un elemento mientras la integridad de esa parte del edificio se mantiene en el nivel estándar de seguridad.
- **Función:** No se alcanza el final de la vida útil de un elemento mientras la función proyectada se cumple, (es decir, una ventana puede ser fácilmente abierta y cerrada, etc.).
- **Aspecto:** No se alcanza el final de la vida útil de un elemento mientras se mantenga el aspecto previsto (es decir, la superficie de esa parte del edificio es de apariencia aceptable, los cristales de las ventanas no se han deteriorado o se han vuelto opacos, etc.).

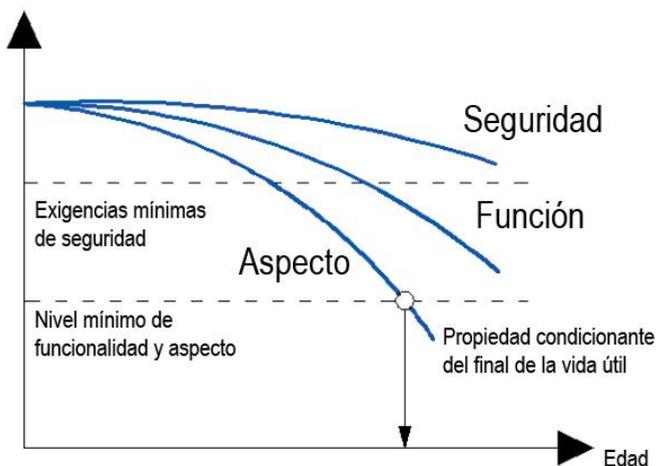


Figura 2 - Degradación de las diferentes propiedades de un elemento constructivo (Ferreira 2009)

En España, Juan Monjo, autor de reconocido prestigio en el campo de la patología, sitúa el final de la vida útil de un elemento en el momento en el que deja de cumplirse la función para la que ha sido diseñado, o así se deduce de la definición de durabilidad contenida en el apartado de durabilidad en este mismo capítulo.

En ingeniería estructural, dependiendo del tipo de estructura, se utilizan diferentes criterios para establecer el final de la vida útil, a fin de permitir un cálculo indicador de la vida útil como tal. A modo de ejemplo, se muestran criterios típicos para establecer el final de la vida útil en el campo de las estructuras:

- Se puede considerar el final de la vida útil de una estructura el alcanzar un recubrimiento mínimo de hormigón en las armaduras para un entorno determinado. Esta definición es una práctica estándar en base a la experiencia, pero no está basada en una vida útil específica claramente definida.
- Se puede considerar el final de la vida útil de una estructura la llegada del frente de carbonatación a la cara exterior de las armaduras.

- Se puede considerar el final de la vida útil de una estructura la toma de contacto de cloruros con la cara exterior de la armadura.
- Se puede considerar el final de la vida útil de una estructura el inicio de desprendimientos.

### **Coste del ciclo de vida**

En la norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000), el coste del ciclo de vida se define como el coste total de un edificio o alguna de sus partes durante su vida útil, incluyendo los costes de proyecto, adquisición, construcción, mantenimiento y derribo.

## 2. Objetivos de la investigación

### 2.1 Objetivo general

Proponer una metodología que permita estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas, utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española, bajo unas determinadas condiciones y con unas calidades concretas.

### 2.2 Objetivos específicos

- Elaborar un estado del arte en relación a los métodos empleados hasta el momento en la predicción de la vida útil de los elementos constructivos, sus componentes y materiales.
- Identificar aquella metodología que presenta mayores posibilidades de aplicación en España.
- Caracterizar aquellos sistemas constructivos más habituales para fachadas y cubiertas en España.
- Generar una base de datos de durabilidades de los diferentes componentes constitutivos de los elementos constructivos considerados.
- Reconocer las lesiones que más comúnmente presentan los elementos constructivos considerados.
- Establecer qué factores cuantificables, y con qué relevancia, influyen en la durabilidad de los elementos constructivos considerados.
- Evaluar y validar el modelo propuesto para que pueda ser extrapolable a otros sistemas constructivos.
- Desarrollar un ejemplo de aplicación a partir del modelo propuesto que permita justificar la viabilidad del método.



### 3. Metodología de trabajo

El trabajo se desarrollará en tres etapas que se definen a continuación:

#### **Etapas 1: Estado del arte**

Dentro de esta primera etapa se llevará a cabo un análisis de la bibliografía en materia de predicción de la vida útil para poder seleccionar el método de cálculo adecuado para el caso que se plantea.

#### **Etapas 2: Propuesta de una metodología que permita predecir la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas más habituales en la edificación española**

Dentro de esta segunda etapa que tiene por objeto la propuesta de la metodología, objetivo principal de la tesis, se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- Caracterización de los sistemas constructivos objeto de estudio a partir de la consulta a los organismos competentes en la materia.
- Generación de una base de datos de durabilidades de componentes constitutivos de los elementos constructivos seleccionados, utilizando un estudio multicriterio.
- Reconocimiento de las lesiones que más comúnmente presentan los elementos constructivos considerados, utilizando el método Delphi. A partir del análisis de las lesiones más comunes y de sus causas, se establecerán aquellos factores cuantificables, y con qué relevancia, influyen en la durabilidad de estos elementos.
- Finalmente, una vez establecidos los factores a emplear, se efectuará una propuesta de método para la estimación de la vida útil de los sistemas constructivos considerados.

#### **Etapas 3: Desarrollo de un ejemplo de aplicación**

Finalmente en esta tercera etapa se llevará a cabo un ejemplo de aplicación que permita justificar la viabilidad del método.



## 4. Estado del arte

### 4.1 Antecedentes

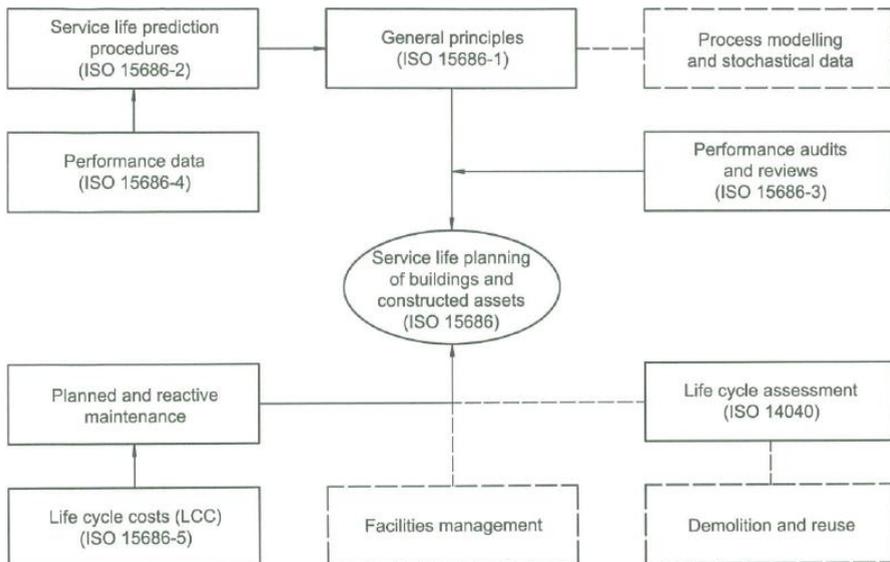
#### 4.1.1 Antecedentes en materia de predicción de la vida útil en el sector de la construcción

La importancia de la predicción de la vida útil en el sector de la construcción se refleja en diversas iniciativas y actividades que se han planteado en las últimas décadas. Hay que destacar que fue a partir de la década de 1990 cuando realmente se comienza a investigar en el campo de la durabilidad y la vida útil de los elementos constructivos, sus componentes y materiales.

Algunas de éstas iniciativas, muchas de ellas recopiladas en el estudio "*Performance based methods for service life prediction*" (Moser y Hovde 2004), se mencionan brevemente en los siguientes párrafos:

- Los conceptos de vida útil y durabilidad han formado parte del lenguaje de la construcción desde hace 50 años. R. Legget fue el primero en hablar de durabilidad, o más apropiadamente de vida útil, como un campo de investigación específico en la década de 1950 (Legget y Hutcheon 1958). Estos primeros esfuerzos dieron paso a diferentes proyectos de investigación.
- Muchas de las actividades en esta materia se iniciaron después de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) que tuvo lugar en Río de Janeiro, en 1992. Esta conferencia dio como resultado, dos acuerdos internacionales, dos declaraciones de principios y una agenda para un desarrollo global sostenible, la Agenda 21.
- Actividades de I+D dentro del CIB «International Council for Research and Innovation in Building and Construction», especialmente en las comisiones de trabajo W60 «Performance concept in building», W70 «Management, maintenance and modernisation of building facilities», W080 «Prediction of service life of building materials and components», y W094 «Design for durability». El trabajo del grupo W080 se lleva a cabo en colaboración con un Comité Técnico de RILEM «International Association for Building Materials and Structures». El número y el título de la comisión mixta es W080/RILEM 175-SLM «Service Life Methodologies». Una de las actividades de mayor relevancia de este comité ha sido el respaldo de las conferencias relativas a la durabilidad de materiales, componentes y elementos constructivos llevadas a cabo en los últimos 30 años, que han generado un gran volumen de conocimiento. Destacan doce conferencias internacionales denominadas "International conference on durability of building materials and components".

- RILEM «International Association for Building Materials and Structures» publicó en 1989 un documento de recomendaciones para la estimación de la vida útil de los elementos y materiales de construcción (Masters y Brandt 1989). Este documento ha sido la base para la elaboración de las normas dentro de la *International Organization for Standardization* (ISO) para la estimación de la vida útil.
- Trabajos de normalización internacional con las normas ISO: En 1984 ISO publicó una norma que describe los principios para la elaboración de normas ISO en relación al comportamiento de los edificio, la norma ISO 6241 «Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered». En la norma se presentan los agentes que influyen en la durabilidad de los edificios, como por ejemplo, la exposición a los agentes atmosféricos. El comité técnico más relevante constituido sobre vida útil dentro de ISO para el sector de la construcción es el TC 59 «Building Construction», donde un subcomité, SC 14 «Design life», trabaja exclusivamente en vida útil. Como resultado del trabajo de este comité, durante la última década se han ido editando una serie de normas para la planificación de la vida útil de los edificios:
  - ISO 15686-1 General principles (ISO 2000): contiene los principios generales para la planificación de la vida útil. La norma es aplicable tanto a las nuevas construcciones como a la rehabilitación de edificios existentes. La norma contempla en un anejo un método concreto de predicción de vida útil denominado método de los factores.



**Figura 3 - Esquema sobre normas ISO relativas a la vida útil de edificios incluido en la ISO 15686-1 (ISO 2000)**

A finales del año 2011, se publicó una nueva versión de la norma ISO 15686-1 (ISO 2011) en la que se efectuaron leves modificaciones. El objetivo principal de la revisión era hacer la norma más breve, simple y fácil de usar, intentando con ello que la norma tuviera una mayor aplicación. Tal como han confirmado los propios redactores de la norma, el método de los factores ha desaparecido de esta nueva versión de la parte 1 para ser trasladado en su totalidad a la parte 8 de la misma norma. Al no haberse tenido acceso a la nueva actualización de la norma, en la exposición que a continuación se efectúa de la investigación llevada a cabo, únicamente se cita la norma publicada en el año 2000, por entenderse que los cambios efectuados en el año 2011 no son relevantes en relación al contenido.

- ISO 15686-2 Service life prediction procedures (ISO 2012): describe procedimientos generales que facilitan la predicción de la vida útil de elementos constructivos basándose en el informe de Masters y Brandt (Masters y Brandt 1989). Este documento no describe en profundidad las técnicas de predicción de vida útil, principalmente se centra en establecer una metodología a la que puedan acogerse en la redacción de normativas los agentes involucrados en el sector, para establecer una vida útil de referencia que poder utilizar en la predicción de la vida útil según el método de los factores. La base de datos resultante de aplicar la ISO 15686-2 se volcará en un futuro en la ISO 15686-4.
- ISO 15686-3 Performance audits and reviews (ISO 2002): se ocupa de asegurar la aplicación efectiva de la planificación de la vida útil. En ella se describen el enfoque y los procedimientos que deben aplicarse para la toma de datos previa, el diseño, la construcción y, en su caso, la inspección, mantenimiento y el derribo de los edificios. También se tratan las consecuencias económicas de la planificación la vida útil.
- ISO 15686-4 Building Information Modelling and data requirements: está en desarrollo. Esta parte de la Norma ISO 15686 proporcionará información y orientación sobre el uso de normas para el intercambio de información en la planificación de la vida útil de los edificios y sus componentes, así como de los datos necesarios de apoyo.
- ISO 15686-5 Whole life cycle costing (ISO 2008a): da las pautas para la realización del análisis del coste del ciclo de vida (LCC).
- ISO 15686-6 Procedures for considering environmental impacts (ISO 2004): describe cómo evaluar, en la fase de diseño, los impactos ambientales potenciales de los diseños alternativos de un bien construido. Identifica la relación entre el análisis del ciclo de vida y la planificación de la vida útil.
- ISO 15686-7 Performance evaluation for feedback of service life data from practise (ISO 2006): proporciona una base genérica para la retroalimentación de los datos de la vida útil de los edificios existentes y los activos de construcción, incluida la definición de los términos que se utilizarán.
- ISO 15686-8 Reference service life (ISO 2008b): proporciona orientación para la selección y el formato de la vida útil de referencia y sobre la aplicación de estos datos para el cálculo de vida útil estimada utilizando el método de los factores.

- ISO 15686-9 Guide on service life declarations for building products (ISO 2008c): sirve de guía para la obtención y presentación de los datos de la vida útil de referencia. Es aplicable para los fabricantes que pretendan aportar datos sobre la vida útil de referencia para su uso en la planificación de la vida útil.
  - ISO 15686-10 Serviceability (ISO 2010): establece cuando se deben ensayar los materiales a lo largo de su vida útil para verificar su correcto funcionamiento.
  - ISO 15686-11 Terminology: está en desarrollo. Establece la terminología.
- 
- En 1988, la Comisión de la Unión Europea adoptó la Directiva sobre productos de la construcción 89/106/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción (Unión Europea, 1989). Dentro de la directiva se definen seis requisitos esenciales que deben cumplirse en un edificio durante su vida útil. Los requisitos esenciales se explican en detalle en los seis documentos interpretativos (Unión Europea, 1994). El objetivo principal de los documentos interpretativos es establecer el vínculo entre los requisitos esenciales y los mandatos que la Comisión da a los organismos europeos de normalización para establecer normas armonizadas y para que la Organización Europea «European Organization for Technical Approvals» establezca directrices para la idoneidad técnica europea. En España es el Código Técnico de la Edificación el que armoniza la normativa en esta materia con la Directiva, transpuesta al derecho interno mediante el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre, sobre disposiciones para la libre circulación de productos de construcción.
  - En Japón se lleva trabajando desde hace décadas en métodos para predecir la durabilidad y vida útil de los materiales y los edificios, tanto en la fase de diseño como en la fase de mantenimiento de un edificio. El resultado de las investigaciones fue expuesto en la publicación «Principal Guide» en 1989 que más tarde fue resumida en una versión en inglés (AIJ 1993).
  - En muchos países se están haciendo esfuerzos por establecer normativas que permitan direccionar el estudio de la durabilidad y la vida útil hacia la planificación, el diseño, la construcción y el uso de un edificio. En Nueva Zelanda se introdujeron en 1992 requisitos cuantitativos para la vida útil de los elementos constructivos en el Código de Construcción (Building Industry Authority 1992). El Reino Unido publicó una norma también en 1992 para la predicción de la durabilidad y la vida útil de los edificios, sistemas, productos y materiales de construcción (BSI 1992). En Canadá, se publicó una norma similar en 1995, revisada en 2007 (Canadian Standards Association 2007). En Noruega, se ha publicado recientemente una normativa con las especificaciones para operaciones de mantenimiento y rehabilitación de edificios, obras de ingeniería civil y condiciones para el control de obra.

- En 1996, durante el tercer simposio internacional “Applications of the performance concept in building” organizado en Israel, se identificó la necesidad de establecer la vida útil de diseño y se comenzó a trabajar en una estandarización (Frohnsdorff 1996) y (Frohnsdorff y Martin 1996). Nireki (Nireki 1996) propuso varios enfoques para resolver los problemas surgidos en el estudio de la durabilidad y la vida útil y estableció las necesidades para continuar la línea de investigación. En 1997, a raíz de estos trabajos, se llevó a cabo un estado del arte sobre la vida útil de diseño (Jernberg, Sjöström y Lacasse 1997).
- En 1989 se creó la Organización Europea de Aprobación Técnica (EOTA) bajo la disposición de la Directiva del Consejo de la Unión Europea 89/106/CEE (Unión Europea, 1989). Su ámbito de aplicación es la producción de las Directrices de Aprobación Técnica Europea (ETAG) para la preparación y la concesión de idoneidad técnica europeos (ETA). EOTA publicó de 1998 a 2010 unos documentos que describen la forma de evaluar la vida útil de los productos (EOTA 1998-2010). Estos documentos se basan en los trabajos publicados por RILEM e ISO mencionados anteriormente.
- En 1999 la Comisión Europea publicó un documento de orientación (Comisión Europea 1999) en relación con la durabilidad y la Directiva sobre productos de construcción (Unión Europea 1989). Este trabajo abordó la cuestión de la durabilidad en el contexto de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE. El documento está destinado a las autoridades dentro de la Unión Europea.
- En 2001 se inició en la Unión Europea la red temática PeBBu (Performance Based Building) como parte del quinto marco de la Comunidad Europea para la investigación temática sobre Crecimiento Competitivo y Sostenible. El objetivo del PeBBu en el campo temático de los elementos y materiales de construcción es abordar las cuestiones relacionadas con la mejora y adopción de la norma ISO 15686. El impulso para esta iniciativa surgió de la Directiva Europea de Productos de Construcción (Unión Europea, 1989): Al especificarse en la directiva europea los requisitos esenciales que deben cumplir las construcciones durante su vida útil se establece la necesidad de establecer requisitos para todos los productos de la construcción.

#### 4.1.2 Antecedentes en materia de durabilidad de materiales y componentes de los elementos constructivos

Los avances en los métodos para predecir la vida útil de materiales y componentes de los elementos constructivos ha promovido la aparición de diversas publicaciones en relación a su durabilidad. Esto se ha debido a que el estudio de los métodos de predicción de la vida útil requiere de un profundo conocimiento de los mecanismos de deterioro de los materiales y componentes de los elementos constructivos y de los factores que causan la pérdida de su rendimiento en el tiempo. Las publicaciones se han producido en mayor medida en el área de hormigón y de otras materias primas utilizadas con fines estructurales, como la madera, la mampostería de ladrillo y el acero. Aunque no es el objetivo de este trabajo se ha considerado interesante incorporar una lista de componentes en los que se han logrado progresos gracias al avance de los métodos de predicción de la vida útil.

Gran parte del contenido de este capítulo ha sido extraído del artículo “Advances in service life prediction - an overview of durability and methods of service life prediction for non-structural building components” (Lacasse 2008).

En la siguiente tabla se proporciona información sobre ejemplos de grupos de trabajo y estudios llevados a cabo para determinar la vida útil de diferentes materiales o componentes de los elementos constructivos.

MATERIAL/ COMPONENTE/ ELEMENTO	GRUPOS DE TRABAJO U ORGANIZACIONES	DOCUMENTOS TÉCNICOS (DT), ARTÍCULOS DE REVISIÓN (AR); ESTADOS DEL ARTE (EA), INFORMES DE LAS COMISIONES TÉCNICAS (CT), MÉTODO DE ENSAYO RECOMENDADOS (MR)
<b>Madera</b>	IRGWP (1969)	AR: (Råberg, y otros 2005); DT: (Brischke, Bayerbach y Rapp 2006), (Rapp y Brischke 2008) y (Nguyen, Leicester y Wang 2008)
<b>Cubiertas</b>	CIB W083/RILEM TC 166-RMS (1999); 120-MRS (1989); 75-SLR (1982)	CT: (RILEM TC 75-SLR 1986); (Rossiter Jr y Mathey 1983); (Cash y Bailey 1993); (Bailey, Cash y Davies Jr. 2002); (Cash 2000); (Cash, y otros 2005)
<b>Revestimientos</b>	ASTM D01; ASTM G03; FSCT (Federation of Societies for Coatings Technology )	DT: (Martin y McKnight 1985); EA: (Martin, Saunders, y otros 1994); DT: (Martin 1997); (Martin y Bauer 2002); DT: (Croll y Hinderliter 2007)
<b>Aplacados</b>		(Shohet y Paciuk 2004); (Shohet y Paciuk 2006); (Gaspar y de Brito 2008); (Ferreira 2009)
<b>Aislantes térmicos</b>		(Merkel 2008)
<b>Sellantes</b>	RILEM TC 190-SBJ (2001); 139-DBS (1991); 66-BJS (1983); ASTM C24	EA: (Beech 1985); AR: (Lacasse 1994); AR: (Wolf 2004); MR: (RILEM TC 139-DBS 2001)

**Tabla 1 - Ejemplos de grupos de trabajo y estudios llevados a cabo para determinar la vida útil de diferentes materiales o componentes de los elementos constructivos (Lacasse 2008).**

### **Madera**

Los avances realizados en el “Grupo de Investigación Internacional sobre Protección de la madera” están centrados en la protección y preservación de la madera y en los métodos de ensayos de su durabilidad (Råberg, y otros 2005). También existe interés dentro de este grupo de investigación en el establecimiento de métodos útiles para estimar la vida útil de los elementos constructivos de madera (Brischke, Bayerbach y Rapp 2006) y (Rapp y Brischke 2008). En cuanto a los métodos para la determinación de la vida útil de estructuras de madera, los adelantos más notables realizados recientemente, han sido los trabajos realizados en el CSIRO (Australian Commonwealth Scientific and Research Organization) donde han publicado varios documentos útiles relacionados con modelos de deterioro de la madera (Nguyen, Leicester y Wang 2008).

### **Cubiertas**

La comisión técnica CIB W083/RILEM se ha centrado en las investigaciones relativas a la durabilidad de las membranas y la vida útil de las cubiertas desde principios de la década de 1980. Desde su creación se han publicado varios informes del comité. La primera aproximación al desarrollo de ensayos relacionados con la predicción de la vida útil la publicaron Rossiter y Mathey (Rossiter Jr y Mathey 1983) sobre la base de lo que se había desarrollado previamente en el NIST. Durante las últimas dos décadas, las investigaciones relacionadas con los métodos de ensayo para la predicción de la vida útil han sido llevadas a cabo por Cash y Bailey (Bailey, Cash y Davies Jr. 2002) en nombre del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. Desde entonces se han publicado varias actualizaciones posteriores, de las cuales la más destacada se presentó en 2005 en la décima conferencia «International Conference On Durability of Building Materials and Components» (Cash, y otros 2005).

### **Revestimientos**

Se ha publicado bastante literatura en el campo de la durabilidad de los revestimientos expuestos a la intemperie. En el campo de la construcción, los investigadores del NIST han sido aquellos que han realizado las aportaciones más notables. Según se cita en la Tabla 1, Martin ha realizado una labor considerable en este tema en el que se comenzó a trabajar desde 1983. Croll y Hinderliter (Croll y Hinderliter 2007) también han proporcionado algunas ideas de gran utilidad en la estimación de la vida útil de los revestimientos a partir de ensayos en combinación con el uso de modelos estadísticos para simular el proceso de deterioro.

## **Aplacados**

Pese a que los aplacados son un revestimiento, debido al número de publicaciones específicas sobre aplacados se ha generado un apartado específico. Los trabajos citados en la Tabla 1 no tienen asociado ningún grupo específico de trabajo ya que los autores que han publicado investigaciones en relación a aplacados no pertenecen a ningún grupo de investigación que trabaje en ese campo concretamente. Shohet trabaja en el Technion (Instituto Israelí de Tecnología) y Gaspar y Ferreira en la Universidad Técnica de Lisboa (Portugal). Los enfoques que se han adoptado para la estimación de la vida útil de los aplacados incorporan aspectos técnicos relacionados con el deterioro y los mecanismos de degradación y el coste de mantenimiento y reparación.

## **Aislantes térmicos**

El trabajo citado de Merkel (Merkel 2008) en la Tabla 1 no tiene asociado ningún grupo específico de trabajo. Se ha nombrado este trabajo como ejemplo investigaciones llevadas a cabo en relación a este tipo de materiales de reciente aplicación como son los aislantes térmicos y de los que existen pocos datos disponibles.

## **Sellantes**

El grupo responsable de lograr los avances más relevantes en el ámbito de la vida útil y durabilidad de los productos sellantes es el comité técnico RILEM sobre durabilidad de los sellantes establecido en 1983. El comité técnico de ASTM C24 también ha participado activamente en la promoción de la investigación en este campo patrocinando diversos simposios a lo largo de los años. Los documentos referenciados en la tabla ofrecen avances en el desarrollo de métodos de ensayo en relación a la durabilidad de los sellantes.

## 4.2 Exigencias en materia de durabilidad contempladas en diversas normativas

Muchas de las actividades y los documentos mencionados en el apartado anterior muestran el estado de las necesidades en el campo de la predicción de la vida útil de los productos y sistemas constructivos. La mayoría de ellos describen requisitos generales o específicos a nivel nacional o regional y al mismo tiempo reflejan una importante y creciente tendencia a centrarse en esta cuestión. En este capítulo, se presentan algunos de los requisitos en materia de durabilidad que se establecen en diferentes normativas nacionales e internacionales para ilustrar cómo se han expuesto éstos.

### Normativa internacional ISO

Existe un conjunto de normas ISO que tratan específicamente la planificación de la vida útil, las normas ISO 15686. El objetivo que plantea la norma de la planificación de la vida útil es ofrecer una garantía razonable de que la vida útil estimada de un edificio con una ubicación específica y con un mantenimiento planificado, no supera la vida de diseño

La norma ISO 15686 en su parte 1 (ISO 2000) contiene una tabla de sugerencias de vidas de diseño mínimas para elementos constructivos:

VIDA DE DISEÑO DEL EDIFICIO	COMPONENTES			INSTALACIONES
	INACCESIBLE O ESTRUCTURAL	LA REPOSICIÓN ES CARA O DIFÍCIL *	FÁCIL DE REPONER	
ilimitada	ilimitado	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

Nota1: Componentes fáciles de reponer pueden tener vidas de diseño de 3 o 6 años.

Nota2: La vida de diseño ilimitada debe ser raramente utilizada, ya que reduce considerablemente las opciones de diseño.

\*Incluyendo el drenaje de agua bajo tierra

**Tabla 2 - Sugerencias de vidas de diseño mínimas por componentes (ISO 2000)**

La tabla anterior sugiere unas vidas mínimas de diseño de algunos componentes del edificio en función de la vida de diseño que se establezca para el mismo, basándose en la accesibilidad para el mantenimiento. En la norma no se establece en función de que parámetros se le debe asignar a un edificio una u otra vida de diseño, sino que una vez decidida la vida de diseño, establece la vida útil de sus componentes. Hay que puntualizar que la norma establece que la vida útil de un edificio está limitada por la degradación de sus componentes no reemplazables (ISO 2000).

## Unió Europea

En Europa, la Directiva sobre productes de la construcció (Unió Europea 1989) afirma que qualsevol tipus de producte de la construcció que està cobert per la directiva, haurà de tenir propietats de tal manera que l'edifici o estructura sea capaç de complir els requisits essencials establerts en el document. Els requisits hauran de complir-se durant un període de vida dels productes econòmicament raonable. Cada un dels sis requisits essencials se explica amb més detall en sis documents interpretatius (Unió Europea 1994). Aquests documents contenen especificacions de lo que se entén per vida útil i de com tractar les qüestions referents a la durabilitat dels productes de construcció. En aquests documents se donen les següents definicions de vida útil:

«1.3.5 Vida útil econòmicament raonable:

(1) La vida útil és el període de temps durant el qual l'ús de l'edifici se manté a un nivell compatible amb el compliment dels requisits essencials.

(2) Una vida útil econòmicament raonable suposa que tots els aspectes rellevants se tenen en compte, tals com:

- Costes de disseny, construcció i ús.
- Costes derivats dels riscos i conseqüències derivades de l'ús de l'edifici durant la seva vida útil.
- Costes de segurs que cobren aquests riscos.
- Costes d'inspeccions, manteniment, cura i reparacions.
- Costes d'administració, disposició, i aspectes medioambientals.»

Los documents interpretatius, també contenen els següents comentaris sobre la vida útil i la durabilitat:

«5.1 Tractament de la vida útil en el sector de la construcció en relació amb els requisits essencials

(1) Correspon als Estats membres, quan i on ho consideren necessari, prendre mesures relatives a la vida útil que pot considerar-se raonable per a cada tipus de construcció, o per algunes d'elles, o parts d'elles, en relació amb el compliment dels requisits essencials.

(2) Quan les previsions sobre la duració de les construccions en relació amb el requisit essencial se relacionen amb les característiques dels productes, les ordres per a la preparació de les normes i directrius per a la idoneïtat tècnica europea relacionada amb aquests productes, també cobrirà aspectes de durabilitat.

5.2 Tractament de la vida útil dels productes de construcció en relació amb els requisits essencials

(1) Les especificacions i directrius per a l'aprobació tècnica europea han d'incloure indicacions sobre la vida útil dels productes en relació amb els usos previstos i els mètodes per a la seva avaluació.

(2) Las indicaciones dadas sobre la vida útil de un producto no pueden ser integradas como garantía otorgada por el fabricante, sino que se considera sólo un medio para elegir los productos adecuados en relación con las expectativas de vida útil económicamente razonable de la construcción.»

En el «Guidance Paper» publicado en 1999 (Comisión Europea 1999), se aporta una tabla de vidas útiles establecidas para elementos constructivos:

VIDA ÚTIL ESTIMADA DE LOS EDIFICIOS (AÑOS)		VIDA ÚTIL ESTIMADA DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS (AÑOS)		
Categoría	Años	Reparable o fácilmente reponible	Menos fácilmente reparable o reponible	Elementos no reparables o de sustitución no viable económicamente
Corto	10	10*	10	10
Medio	25	10*	25	25
Normal	50	10*	25	50

\* En casos excepcionales y justificados, se puede establecer una vida útil de 3 o 6 años.

**Tabla 3 - Vida útil de las construcciones y elementos constructivos (Comisión Europea 1999).**

La European Organization for Technical Approvals EOTA publicó unos documentos de orientación (EOTA 1998-2010) que presentan la vida útil supuesta para edificios y materiales de construcción. La tabla recuerda a la publicada en el «Guidance Paper» (Comisión Europea 1999) ya que fue la propia EOTA la encargada de su elaboración.

VIDA ÚTIL HIPOTÉTICA DE EDIFICIOS		VIDA ÚTIL DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (AÑOS)		
Categoría	Años	Reparable o fácil de reponer	Reparable o reemplazable con algunos esfuerzos	Permanente <sup>2</sup>
Corta	10	10 <sup>1</sup>	10	10
Media	25	10 <sup>1</sup>	25	25
Normal	50	10 <sup>1</sup>	25	50
Larga	100	10 <sup>1</sup>	25	100

<sup>1</sup> En casos excepcionales y justificados se permite una vida útil de 3 años (cuando así se acuerde por la EOTA TB o CEN, respectivamente).

<sup>2</sup> Cuando no es reparable o fácilmente reemplazable.

**Tabla 4 - Vida útil hipotética de los edificios y materiales de construcción (EOTA 1998-2010)**

## España

La Directiva sobre productos de la construcción es la base para las normativas de los sectores de la construcción en los países que conforman la Unión europea, y, por lo tanto los requisitos de durabilidad y vida útil de los productos de construcción se han incorporado en las normativas relativas a la construcción de toda Europa. En España es el Código Técnico de la Edificación el que armoniza la normativa en esta materia con la Directiva, transpuesta al derecho interno mediante el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre, sobre disposiciones para la libre circulación de productos de construcción.

En la normativa española es necesario mencionar la "Instrucción de hormigón estructural" EHE 08 (Ministerio de Fomento 2008), que destaca por contemplar todas las etapas del ciclo de vida de la estructura. La actual versión de la EHE dio un paso más allá que su predecesora al incluir un nuevo Estado Límite de Durabilidad que contempla el fallo de una estructura como consecuencia de los procesos de degradación que pueden producirse sobre el hormigón o las armaduras, influidos por la clase o clases de exposición ambiental a la que puede verse sometida. En el Anejo 9 de la norma se plantea un modelo de durabilidad para los procesos de corrosión de las armaduras, en el que se considera que la vida útil de una estructura de hormigón armado se mantiene mientras ésta conserve los requisitos del proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética sin costes inesperados de mantenimiento. Asimismo, por primera vez, la Instrucción EHE incorpora un capítulo dedicado al mantenimiento de las estructuras, entendido como el conjunto de actividades que es necesario llevar a cabo para que a lo largo de su vida útil se mantenga el nivel de prestaciones previsto en proyecto.

En la norma se define el concepto de durabilidad y se determinan los posibles factores de degradación a los que puede verse sometida la estructura:

### «Artículo 37º Durabilidad del hormigón y de las armaduras

La durabilidad de una estructura de hormigón es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Una estructura durable debe conseguirse con una estrategia capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución y uso de la estructura. Para ello, el Autor del proyecto deberá diseñar una estrategia de durabilidad que tenga en cuenta las especificaciones de este Capítulo.

La estrategia de durabilidad incluirá, al menos, los siguientes aspectos:

- a) Selección de formas estructurales adecuadas, de acuerdo con lo indicado en 37.2.2.
- b) Consecución de una calidad adecuada del hormigón y, en especial de su capa exterior, de acuerdo con lo indicado en 37.2.3.

- c) Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, según 37.2.4 y 37.2.5.
- d) Control del valor máximo de abertura de fisura, de acuerdo con 37.2.6.
- e) Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos, según 37.2.7.
- f) Adopción de medidas de protección de las armaduras frente a la corrosión, conforme a lo indicado en 37.4. »

## Reino Unido

En 1992 se publicó la normativa británica British Standard BS 7543:1992 (BSI 1992) donde se afirma que los requisitos de durabilidad son muy diferentes en función del tipo de edificio y del tipo de elemento. Los requisitos dependerán del uso del edificio, del presupuesto disponible y del mantenimiento que se vaya a llevar a cabo. Según la norma, será el promotor del edificio el que establezca la vida útil necesaria del mismo y el arquitecto el que deberá diseñar el edificio de forma que se alcance la vida útil establecida por el promotor. En lo referente a los requisitos de durabilidad, se publicaron las siguientes tablas relativas a la vida de diseño del edificio y de sus componentes:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	VIDA ÚTIL DE DISEÑO	EJEMPLOS
1	<b>Temporales</b>	Periodo acordado de hasta 10 años	Construcciones no permanentes. Edificios de exposiciones temporales.
2	<b>Corta vida</b>	Periodo mínimo de 10 años	Aulas temporales.
3	<b>Vida media</b>	Periodo mínimo de 30 años	La mayoría de los edificios industriales. Rehabilitaciones de edificios de viviendas.
4	<b>Vida normal</b>	Periodo mínimo de 60 años	Centros sanitarios y centros educativos. Edificios de viviendas de nueva planta. Rehabilitaciones de edificios públicos.
5	<b>Larga vida</b>	Periodo mínimo de 120 años	Edificios públicos y otros de alta calidad.

Nota 1: Se determinaran los periodos específicos en las categorías de 2-5, asegurándose de que no se exceda el periodo sugerido para la categoría siguiente en la tabla.

Nota 2: Los edificios pueden incluir elementos fungibles y que requieran de un mantenimiento.

**Tabla 5 - Categorías de la vida de diseño de edificios (BSI 1992)**

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE	VIDA ÚTIL DE DISEÑO	EJEMPLOS
1	Reemplazables	De vida más corta que la vida útil del edificio cuyo replazo puede ser previsto en la etapa de diseño.	Los pavimentos y determinados componentes de las instalaciones.
2	Mantenibles	Con un mantenimiento adecuado y periódico tendrá una durabilidad al menos equivalente a la vida útil del edificio.	La mayoría de revestimientos exteriores, las puertas y puertas.
3	De larga vida	Su vida útil es al menos la del edificio.	Los cimientos y demás elementos estructurales.

Tabla 6 - Categorías de la vida de diseño de los diferentes componentes de los edificios (BSI 1992)

## Canadá

La normativa canadiense CSA 478-95 (Canadian Standards Association 2007) define la vida útil como:

«El periodo de tiempo durante el cual el edificio o cualquiera de sus elementos constructivos se desenvuelve sin costes imprevistos o trastornos en el mantenimiento.»

En el capítulo 6 de la norma se describe la relación entre la vida de diseño de un edificio o un elemento constructivo, y la durabilidad de sus materiales:

### «6.1 Edificios y elementos constructivos

Los requisitos para la durabilidad pueden variar de un edificio a otro y de un elemento constructivo a otro. Estos requisitos están relacionados con el uso previsto, con su coste, y con la frecuencia, la dificultad y la accesibilidad de cara al mantenimiento, sustitución y reparación. Los requisitos de durabilidad se expresan en términos de vida útil de diseño. La vida útil de diseño del edificio ofrece la base para la determinación de la vida útil de diseño de los elementos constructivos.»

Los datos sobre vida útil de diseño más comunes para los edificios que se dan en la norma se muestran en la siguiente tabla, que recuerda a la publicada en la normativa británica British Standard BS 7543:1992 (BSI 1992) mencionada en el apartado anterior:

CATEGORÍA	VIDA ÚTIL DE DISEÑO PARA EDIFICIOS	EJEMPLOS
<b>Temporales</b>	Hasta 10 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcciones no permanentes: oficinas de ventas, barracas...</li> <li>• Los edificios de exposiciones temporales</li> </ul>
<b>Corta vida</b>	10 a 24 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aulas temporales</li> </ul>
<b>Vida media</b>	25 a 49 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría de los edificios industriales</li> <li>• La mayoría de aparcamientos</li> </ul>
<b>Larga vida</b>	50 a 99 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría de los residenciales, comerciales y edificios de oficinas</li> <li>• Centros sanitarios y centros educativos</li> <li>• Aparcamientos debajo de edificios diseñados para larga vida</li> </ul>
<b>Permanente</b>	Duración mínima 100 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificios monumentales: los museos nacionales, galerías de arte, archivos...</li> <li>• Edificios del patrimonio</li> </ul>

**Tabla 7 - Categorías de la vida útil de diseño de edificios contenida en la normativa canadiense CSA 478-95 (Canadian Standards Association 2007)**

### **Australia**

El gobierno australiano publicó en 2003 "Guideline on Durability in Buildings" (ABCB 2003). La guía aborda la durabilidad en términos genéricos y proporciona una relación de mejores prácticas y consejos. La norma es de carácter no obligatorio. La expectativa de la guía era que la industria utilizara el documento para desarrollar soluciones innovadoras en materia de durabilidad.

### **Nueva Zelanda**

En 1992 se publicó un nuevo código de edificación en Nueva Zelanda (Building Industry Authority 1992) que contiene requisitos específicos para la vida útil de las diferentes partes de un edificio y para materiales de construcción.

## 4.3 Principales métodos para predecir la vida útil

Hasta la fecha, los métodos propuestos para la predicción de la vida útil no se pueden considerar una ciencia exacta debido a los múltiples factores diferentes que hay que considerar, lo que hace de la predicción de la vida útil una actividad interdisciplinaria. A continuación se exponen los principales métodos utilizados en la predicción de la vida útil que han tenido repercusión hasta el momento, en función de su enfoque.

### 4.3.1 Métodos deterministas

Los métodos deterministas se basan en el estudio de los factores que influyen en la degradación de los elementos estudiados, en la comprensión de sus mecanismos de actuación y, por último, en su determinación traducida en funciones de degradación. Los factores se traducen en fórmulas que expresan su acción en el tiempo.

El ejemplo más conocido de este enfoque es el método de los factores, el cual se explicará en profundidad más adelante por aparecer éste contemplado en la normativa ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000).

### 4.3.2 Métodos probabilísticos

Los métodos probabilísticos consideran la degradación como un proceso estocástico<sup>2</sup>, donde se define la probabilidad de deterioro para cada propiedad durante un período de tiempo (Cecconi 2002). Para su aplicación es necesario poseer datos reales recogidos durante un dilatado periodo de tiempo. El modelo más utilizado en los métodos probabilísticos es el modelo de Markov.

En la norma ISO 15686 Parte 8 (ISO 2008) se establece que en la aplicación del método de los factores explicado en la ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) se puedan utilizar distribuciones o funciones de probabilidad.

### 4.3.3 Métodos de ingeniería

Tras la explicación de los métodos deterministas y los métodos probabilísticos, es necesario identificar otro método que armoniza los dos métodos anteriores, los métodos de ingeniería, de fácil aplicación como el método de los factores, y donde además se describen los procesos de degradación de una forma probabilística, como en los métodos probabilísticos (Cecconi 2002). Según Daniotti (Daniotti 2003), los métodos de ingeniería se pueden utilizar para identificar los fenómenos de degradación de forma más analítica, pudiendo así controlarlos en proyecto a través de la planificación del mantenimiento. Algunos de los métodos de ingeniería más conocidos son el Análisis Modal de Fallos y Efectos del Proceso AMFE (Failure Mode effects Análisis FMEA) y el Método de los Estados Límite (Performance Limits Methods).

---

<sup>2</sup> Teoría estadística de los procesos cuya evolución en el tiempo es aleatoria, tal como la secuencia de las tiradas de un dado.

Estos tres enfoques sientan las bases para el desarrollo de métodos de predicción de vida útil de diferente complejidad, con diferentes requisitos de aplicación y con diferente necesidad de entrada de datos.

### 4.4 Método de los factores

Este capítulo presenta el estado del arte sobre el planteamiento, uso y evaluación del método de los factores para la predicción de la vida útil. De entre todos los métodos anteriores, este método se va a explicar en mayor profundidad por aparecer publicado en una normativa ISO (ISO 2000).

El método de los factores utiliza un enfoque determinista permitiendo determinar la vida útil de un elemento o sistema sujeto a unas condiciones específicas basándose en una vida útil de referencia y modificándola mediante unos factores relativos a las condiciones específicas de cada caso.

#### 4.4.1 Orígenes del método

Inicialmente el método fue promovido por los Japoneses en la década de los noventa con la publicación «Guide for service life planning of buildings» (AIJ 1993). Más recientemente, ya en la década actual, se ha publicado la norma ISO 15686 «Service life planning» que describe este método en su parte 1 (ISO 2000).

En el método propuesto por los japoneses se enumeran los siguientes factores:

- Factores relativos a las características de durabilidad inherentes al:
  - Rendimiento de los materiales
  - Nivel de diseño
  - Nivel de calidad en la ejecución
  - Nivel de mantenimiento
- Factores relacionados con el deterioro:
  - Lugar de emplazamiento y condiciones ambientales
  - Condiciones del edificio

Los factores que luego son cuantificados y combinados en diferentes ecuaciones, dependen de una evaluación de cómo y en qué medida influyen en la vida útil del edificio actual sus sistemas constructivos y materiales. La vida útil estimada se calcula como la vida útil estándar multiplicada por los diversos factores combinados de diferentes maneras, dependiendo del producto real a ser evaluado. A fin de ilustrar el método, se presentan dos ejemplos contenidos en la guía:

«2. Ejemplo del método de los factores para estimar la vida útil de las construcciones de madera (en el caso de deterioro biológico).

4) Estimación del valor de la durabilidad de los elementos estructurales en una unidad (y).

La Y se calculará mediante la siguiente expresión:  $y = y_s \times B \times C \times D \times M$

Dónde:

$y_s$ : El valor estándar de la durabilidad de los elementos estructurales

B: El coeficiente del nivel de diseño

C: El coeficiente del nivel de calidad en la ejecución

D: El coeficiente del lugar de emplazamiento y condiciones ambientales

M: El coeficiente de nivel de mantenimiento»

Los diferentes coeficientes mencionados se explican en el documento, y eso significa que, cada uno de los factores indicados puede estar descrito con más detalle y cuantificados por otras ecuaciones que tienen en cuenta diversos aspectos que influyen en cada uno de los factores.

« 3. Ejemplo del método para estimar la vida útil de estructuras de acero – con los elementos de acero recubiertos con pintura.

4.3 Procedimiento para la estimación de la vida útil:

La vida útil (Y) se calcula basándose en la siguiente ecuación:

$$Y = (Y_s \times B_s \times C_s \times M_s) + (Y_{sp} \times D_p \times B_p \times C_p \times M_p)$$

Dónde:

$Y_s$ : la vida útil estándar (años) del acero

$B_s$ : Parte del edificio en el que el elemento de acero está instalado

$C_s$ : nivel de calidad en la ejecución del elemento de acero

$M_s$ : el nivel de mantenimiento

$Y_{sp}$ : La vida útil estándar en años de la película de revestimiento de los componentes de acero.

$D_p$ : Zona y ambiente de deterioro de la película de revestimiento

$B_p$ : Parte del edificio en el que el elemento recubierto se instala.

$C_p$ : El nivel de calidad de ejecución de la película de revestimiento

$M_p$ : Nivel de mantenimiento»

En los dos ejemplos vemos que el número y la combinación de factores varían basándose en lo que se considera más importante en los diferentes elementos.

#### 4.4.2 Descripción del método como se presenta en la norma ISO 15686

En la Norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) se describe el método de los factores y se dan indicaciones de cómo establecer la vida útil de referencia y cada uno de los factores. El método utiliza la modificación mediante los siguientes factores:

- Factor A: Calidad de los componentes
- Factor B: nivel de diseño
- Factor C: nivel de calidad en la ejecución de las obras
- Factor D: condiciones interiores
- Factor E: condiciones de exposición exteriores
- Factor F: condiciones de uso
- Factor G: nivel de mantenimiento

El método de los factores puede expresarse como una fórmula:

$$V_{UE} = V_{UR} \times \text{factor A} \times \text{factor B} \times \text{factor C} \times \text{factor D} \times \text{factor E} \times \text{factor F} \times \text{factor G}.$$

$V_{UE}$  = Vida útil estimada

$V_{UR}$  = Vida útil de referencia

En la Norma se dan indicaciones de cómo establecer la vida útil de referencia y cada uno de los factores.

La norma incluye en el anejo F dos ejemplos de aplicación: un dintel metálico en un muro de ladrillo con cámara y una ventana de madera blanda. Se expone a continuación el segundo ejemplo:

«Vida de servicio estimada de una ventana de madera blanda:

$$V_{UE} = V_{UR} \times \text{factor A} \times \text{factor B} \times \text{factor C} \times \text{factor D} \times \text{factor E} \times \text{factor F} \times \text{factor G}.$$

$V_{UR}$  Vida de servicio de referencia: z años

Factor A Calidad de los componentes

Madera roja de baja durabilidad pero con un tratamiento de doble capa para una mejor conservación: 1,2

Factor B Nivel de diseño

Bueno, aristas redondeadas, antepecho debidamente proyectado: 1,2

Factor C Nivel calidad en la ejecución de las obras

El vidrio viene montado de fábrica: 1,2

Factor D Condiciones interiores

No es agresivo, bajo riesgo de condensaciones: 1

Factor E Condiciones de exposición exteriores

Protegida del viento/lluvia y partículas: 1,2

Factor F Condiciones de uso: Acceso ocasional de niños, 1

Factor G Nivel de mantenimiento: Reposición del sellado de las juntas cada 3 o 4 años, 1,2

$$V_{UE} = z \times 1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 1 \times 1,2 \times 1 \times 1,2 = 2,5 \times z \text{ años}$$

Si la  $V_{UR}$  son 25 años, el valor de la  $V_{UE}$  son aproximadamente 62 años.»

			CONDICIONES RELEVANTES				
			A INCLUIR:	DEFICIENTE (0,8)	ACEPTABLE (1)	BUENO (1,2)	
Factores relacionados con las cualidades intrínsecas	A	Calidad de los componentes	Tipo y calidad del material	Madera poco duradera de corteza, carpintería sin calidad	Madera poco duradera de corteza, la carpintería cumple BS EN 942	Madera duradera. Carpintería de clase 2+ según BS 1186.	
			Cualidades en relación a la durabilidad, como sistemas de protección	Mezcla de especies o madera de corteza no permeable con un tratamiento permeable o sumergido.	Mezcla de especies con tratamiento a presión de disolvente orgánico. Con aperturas tras exposición.	Especies permeables con doble impregnación a presión. Sin aperturas tras exposición.	
	B	Nivel de diseño	Detalles constructivos	Superficies horizontales expuestas al exterior y/o aristas no redondeadas.	Superficies horizontales expuestas al exterior. Aristas redondeadas.	Superficies horizontales expuestas al exterior. Carpintería retranqueada.	
	C	Nivel calidad en la ejecución de las obras	Control de obra, si cumple BS 8000	Colocación del vidrio y pintado/barnizado en obra. Bajo control de obra.	Colocación del vidrio y pintado en obra. Control de obra normal.	Colocación del vidrio y pintado en fábrica.	
	Entorno	D	Condiciones interiores	Condiciones especiales como la condensación	Alto riesgo de condensación.	Riesgo ocasional de condensación. No hay agentes internos agresivos.	Bajo riesgo de condensación. Nivel de ocupación bajo.
		E	Condiciones de exposición exteriores	Condiciones especiales como ambiente marino o polución	Ciclos reguales de humectación y secado. Riesgo alto de contaminación.	Ciclos ocasionales de humectación y secado.	Protegido de la lluvia.
Condiciones de uso	F	Condiciones de uso	Condiciones especiales como vandalismo	Acceso regular de niños.	Acceso ocasional de niños pero riesgo alto de impacto ocasional.	No hay acceso de niños.	
	G	Nivel de mantenimiento	Periódico, incluyendo la calidad	Renovación poco frecuente de pinturas. Bajo control en su aplicación.	Se barniza o pinta cada de 3 a 6 años.	Pintura o barnizado cada de 3 a 6 años con alto control de aplicación.	

**Tabla 8 - Factores detallados de la ventana de madera blanda (ISO 2000)**

En el año 2008 se publicó la Parte 8 de la norma ISO 15686: Reference service life (ISO 2008) la cual proporciona orientación para la selección y el formato de la vida útil de referencia y sobre la aplicación de estos datos para la predicción de la vida útil estimada utilizando el método de los factores. La ISO 15686-8 no orienta sobre cómo calcular los factores modificadores, pero introduce novedades en relación al método presentado en la Parte 1 de esta norma.

Las principales novedades introducidas fueron:

- Posibilidad de utilizar distribuciones o funciones de probabilidad en combinación con el enfoque determinista del método de los factores.
- Introducción de intervalos tanto en la definición de los propios factores que intervienen en el método como en la estimación de la vida útil.
- Reducción de la subjetividad en la determinación de los factores, planteando su determinación como una comparación entre las condiciones en las que fue hallada la vida útil de referencia y las condiciones específicas de proyecto.

Como en la parte 1 de la norma, la parte 8 incluye en el anejo C dos ejemplos de aplicación: un dintel metálico en un muro de ladrillo con cámara y una ventana de madera blanda. Se expone a continuación el segundo ejemplo por haber sido el que se ha desarrollado en la explicación de la Parte 1 de la citada norma, para de este modo tener continuidad con el apartado anterior. Se expone el ejemplo en los dos niveles de aplicación que se exponen en la norma, un primer nivel en el que se parte de una vida útil de referencia como un intervalo, y no como un valor único, y otro ejemplo en el que se introducen funciones para representar a los factores.

«Ejemplo 2: Ventana de madera blanda  
Como vida útil de referencia se toma 30 +-5 años.

FACTOR	CATEGORÍA DEL FACTOR	CONDICIONES DEL OBJETO ESPEÍFICO	CONDICIONES DE REFERENCIA	VALOR DEL FACTOR
A	Calidad de los componentes	Buena	Pobre	$1,1/0,9=1,22$
B	Nivel de diseño	Buena	Normal	$1,2/1,0=1,20$
C	Nivel calidad en la ejecución de las obras	Buena	Normal	$1,1/1,0=1,10$
D	Condiciones interiores	Normal	Normal	$1,0/1,0=1,00$
E	Condiciones de exposición exterior	Buena	Buena	$1,1/1,1=1,00$
F	Condiciones de uso	Normal	Normal	$1,0/1,0=1,00$
G	Nivel de mantenimiento	Buena	Normal	$1,1/1,0=1,10$

**Tabla 9 - Valores de los factores resultantes (ISO 2008b)**

El cálculo se lleva a cabo mediante el uso de las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 t_{ESL} &= t_{RSL} \times \phi_A \times \phi_B \times \phi_C \times \phi_D \times \phi_E \times \phi_F \times \phi_G \\
 &= 30 \times 1,22 \times 1,2 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,1 \\
 &= 53 \text{ yr} \\
 \Delta t_{ESL} &= t_{ESL} \times \sqrt{(\Delta t_{RSL}/t_{RSL})^2 + (\Delta \phi_A/\phi_A)^2 + (\Delta \phi_B/\phi_B)^2 + (\Delta \phi_C/\phi_C)^2 + (\Delta \phi_D/\phi_D)^2 + \dots} \\
 &\quad \dots + (\Delta \phi_E/\phi_E)^2 + (\Delta \phi_F/\phi_F)^2 + (\Delta \phi_G/\phi_G)^2 \\
 &= \pm 49 \times \sqrt{(5/30)^2 + (0,11/1,22)^2 + (0,1/1,2)^2 + (0,05/1,1)^2 + 0 + 0 + 0 + (0,05/1,1)^2} \\
 &= \pm 11 \text{ years}
 \end{aligned}$$

»

A continuación se muestra la variación del ejemplo utilizando el método de los factores en conjunción con métodos estadísticos.

## «D.2 Ejemplo 2. Marcos de ventana de madera blanda

### D.2.1 General

El ejemplo que se muestra a continuación está basado en el trabajo llevado a cabo por Konrad Moser.

-----

### D.2.3 Vida útil de referencia

La vida útil de referencia se considera 25 años en condiciones de referencia normales.

### D.2.4 Distribución estadística de valores

No todos los factores del método de los factores son valores absolutos, hay algunos de ellos que se les aplica una distribución estadística. Las distribuciones se establecen por medio de opiniones adoptadas por expertos de acuerdo con el llamado método Delphi.

Por consiguiente, a cada factor, cada experto le atribuye un valor medio, un valor mínimo y un valor máximo. Se espera que el 50% de las ventanas esté por encima del valor medio y el 50% restante por debajo, de la misma manera se espera que el 5% y el 95% de las ventanas se encuentren por debajo del mínimo y del máximo respectivamente.

Además, los expertos han asignado una estimación de distribución estadística a cada factor. Se puede establecer la distribución estadística atendiendo a los valores medio mínimo y máximo en combinación con la forma curva aparente establecida por los expertos. Esto se ilustra esquemáticamente en la siguiente figura para un factor arbitrario x. En la figura la distribución establecida es una distribución normal, pero hay otros tipos de distribución factibles.

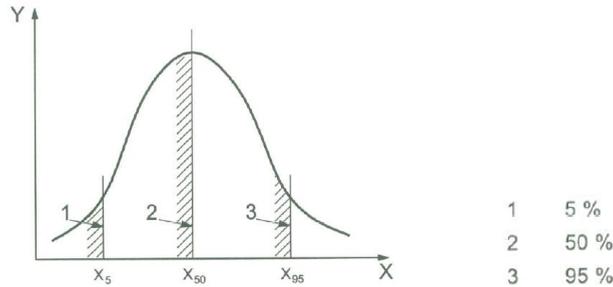


Figura 4 - Distribución estadística de un factor x. x = densidad, y= valores del factor (ISO 2008b)

D.2.5 Opiniones de los expertos

Las opiniones de los expertos aparecen en la tabla siguiente:

FACTOR	ORIENTACIÓN	CONDICIONES RELEVANTES	VALORES DEL FACTOR 5%/50%/95%	TIPOS DE DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA
<b>fA: calidad de los componentes</b>	Todas	Variaciones generales de los componentes	1,2 1,5 1,8	Normal
<b>fB: nivel de diseño</b>	Todas	Bueno	1,2	Ninguna
<b>fC: nivel calidad en la ejecución de las obras</b>	Todas	Variaciones generales	1,0 1,2 1,5	Gumbel
<b>fD: condiciones interiores</b>	Sur	Riesgo ocasional de condensaciones	0,9 1,0 1,2	Log-Normal
	Oeste	Riesgo medio de condensaciones	0,8 0,9 1,1	
	Norte	Alto riesgo de condensaciones	0,7 0,8 0,95	
	Este	Riesgo medio de condensaciones	0,8 0,9 1,1	
<b>fE: condiciones de exposición exteriores</b>	Sur	Ciclos ocasionales de humedad/secado	0,8 1,0 1,3	Log-Normal
	Oeste	Ciclos regulares de humedad/secado	0,6 0,8 1,0	
	Norte	Protegido contra la lluvia	1,0 1,2 1,5	
	Este	Ciclos ocasionales de humedad/secado	0,8 1,0 1,3	
<b>fF: condiciones de uso</b>	Sur	Acceso ocasional de niños <sup>1</sup>	0,8 1,0 1,2	Normal
	Oeste	Acceso regular de niños <sup>1</sup>	0,6 0,8 1,0	
	Norte	Acceso ocas/reg. de niños <sup>1</sup>	0,7 0,9 1,1	
	Este	Acceso ocasional de niños <sup>1</sup>	0,8 1,0 1,2	
<b>fG: nivel de mantenimiento</b>	Todas	Pintadas según el criterio del operario de mantenimiento.	0,9 1,0 1,1	Normal

Tabla 10 - Valores de los factores y tipos de distribución (ISO 2008b)

### D.2.6 Factores de distribución calculados

Según las opiniones de los expertos, puede calcularse una distribución única para cada factor y orientación utilizando paquetes de software matemáticos estándar. En la figura siguiente, como ejemplo, aparecen las distribuciones calculadas de la fachada sur.

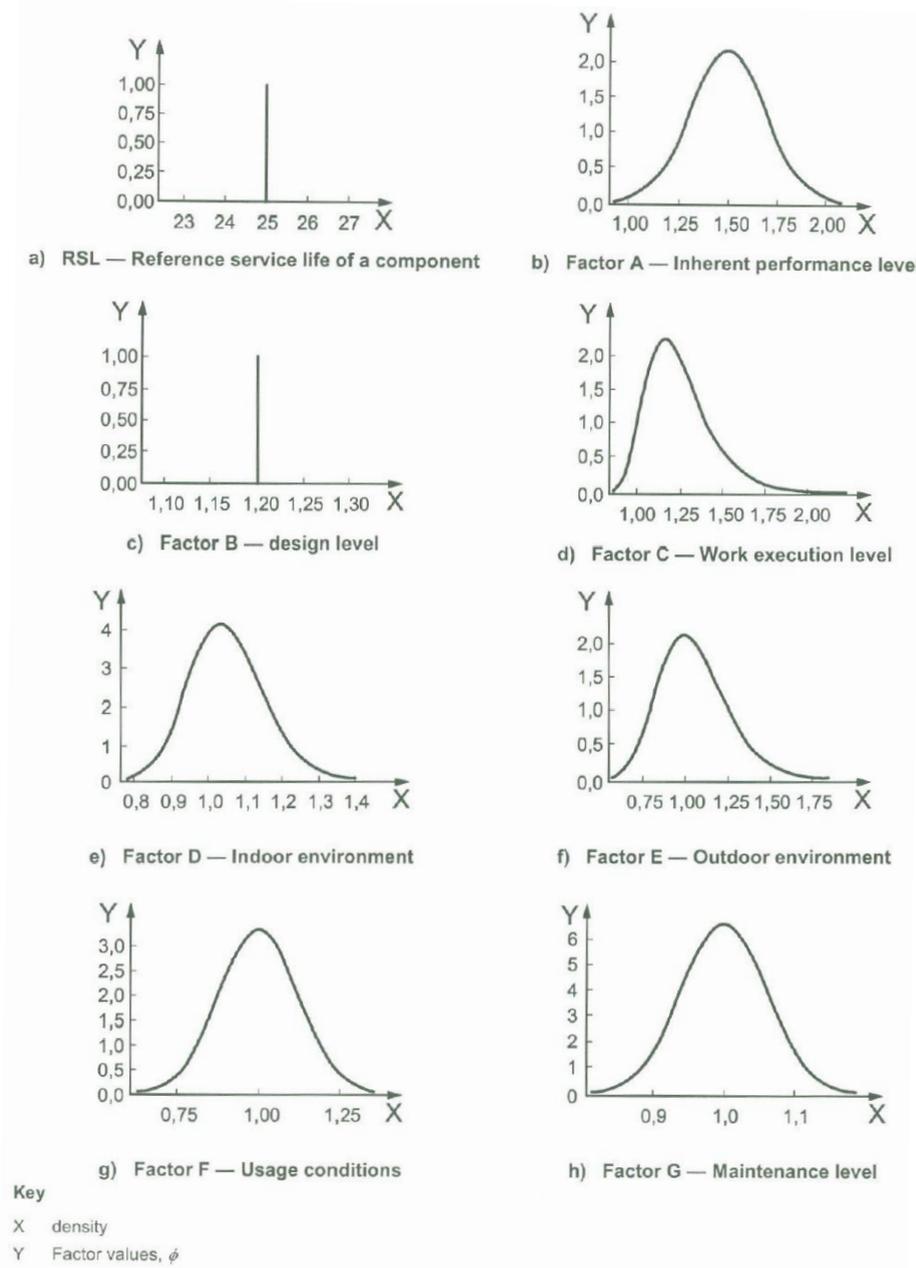


Figura 5 - Fachada sur- Distribuciones de referencia de vida útil y factores (ISO 2008b)

Se observa que el factor B nivel de diseño se describe como una línea ya que se le supone un valor fijo. Lo mismo puede ser aplicado a la vida útil de referencia incluida en la figura anterior. También se pueden generar el resto de distribuciones para el resto de orientaciones.

#### D.2.7 Distribuciones de estimación de la vida útil

Para hacer una estimación de la vida útil en las fachadas con diferentes orientaciones, se hace uso de la expresión factorial.

$$t_{ESL} = t_{RSL} = \phi_A \times \phi_B \times \phi_C \times \phi_D \times \phi_E \times \phi_F \times \phi_G$$

Pero como los factores individuales en su mayor parte no consisten en un valor único sino en distribuciones, la vida útil estimada resultante es a su vez una distribución. No es posible llevar a cabo una simple multiplicación. Es necesario usar una operación matemática llamada combolución. Los detalles no aparecen descritos aquí luego es necesario hacer referencia a paquetes de software estándar para llevar a cabo el cálculo de acuerdo con, por ejemplo, el método Monte Carlo. La siguiente figura muestra las distribuciones de vida útil estimadas por los cálculos anteriormente nombrados de ventanas en cada una de las fachadas. »

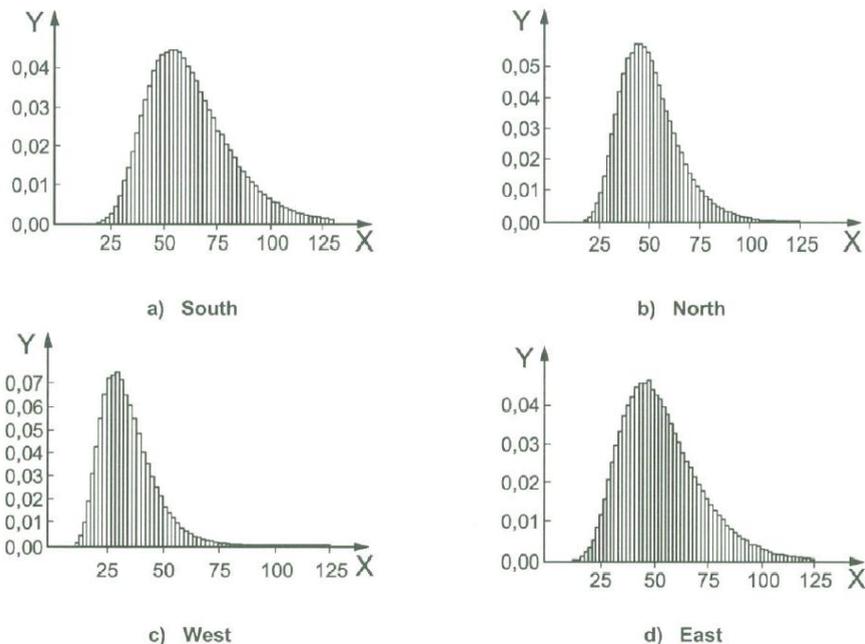


Figura 6 - Distribuciones de vida útil estimadas de ventanas en diferentes orientaciones (ISO 2008b)

En el desarrollo de la parte del ejemplo sin combinación con métodos estadísticos se puede observar como se ha introducido una modificación en la estimación de los factores a partir de las condiciones de la vida útil de referencia en comparación con las condiciones específicas del proyecto, reduciendo de esta forma la subjetividad que se generaba en la elección de los factores tal cual se proponía en el ejemplo de la ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000).

Vemos como en esta parte de la norma se introducen novedades en relación al método de los factores dando respuesta a alguna de las críticas realizadas del mismo tras su publicación en la parte 1 de la misma norma (ISO 2000).

#### 4.4.3 Aplicación del método de los factores

Hasta la fecha, la aplicación práctica del método de los factores publicado en la parte 1 de la norma ISO 15686 para la predicción de vida útil de los elementos constructivos, sus materiales y componentes, ha sido muy limitada. La mayoría de los casos publicados se describen en artículos teóricos donde se proporcionan ejemplos de su utilización. La aplicación práctica del método ha sido limitada debido a la falta de conocimiento del método entre los profesionales (arquitectos, constructores o los propios propietarios de edificios y administradores) o también debido a la necesidad de valores útiles de los diversos factores.

Se presentan a continuación a algunos ejemplos de la aplicación del método de los factores.

Strand y Hovde (Strand y Hovde 1999) llevaron a cabo un estudio de cómo los datos de la vida útil de la superficie exterior de los materiales (madera y ladrillo) influyen en el Análisis del ciclo de vida (en adelante ACV) de los mismos. Los autores querían hacer hincapié en la necesidad de datos de la vida útil en el ACV, cómo se llega a los datos y cómo podrían influir en los resultados. Los sistemas constructivos y sus componentes se utilizan por un período de tiempo mayor que muchos otros productos, por lo que el ACV de un producto de construcción requiere de la recopilación de datos que deben ser válidos durante un largo período de tiempo. Los autores aplican el método de los factores tal como se describe en la norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000), pero sobre todo destaca el uso de los factores E, condiciones de exposición exteriores, y G, nivel de mantenimiento. El ACV es llevado a cabo en dos ambientes, industriales y rural, y para fachadas orientadas al norte o al sur. También se utilizan cadencias diferentes en la reposición de la pintura, en la limpieza y en la sustitución. En las conclusiones se afirma que:

«Los métodos de predicción de la vida útil y el análisis de ciclo de vida (ACV) se refieren a problemas comunes. La mayoría de los datos en la predicción de la vida útil son necesarios también en el ACV.

La información relativa a la variación asociada con la predicción de la vida útil es información crucial en el ACV. Es extremadamente importante que la base de la predicción de la vida útil y el ACV estén claros, como por ejemplo, el tipo de mantenimiento y sus cadencias. De hecho en este estudio se ve como el mantenimiento es el dato más relevante.»

Hovde (Hovde 1999) presentó en el documento «Needs for service life prediction of passive fire protection systems» la necesidad de la predicción de la vida útil de los sistemas de protección pasiva contra el fuego. El artículo se refiere al método de los factores tal como se describe en la norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000).

Hed llevó a cabo un estudio en 1999 sobre la planificación de la vida útil de un edificio plurifamiliar, construido en Gävle, Suecia. Los resultados han sido presentados en diferentes publicaciones (Hed 1998, 1999, 2000). Hed utilizó la ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) como base para el estudio, las conclusiones finales se exponen en (Hed 2000). En el estudio se integró la planificación de la vida útil en el diseño del edificio y se siguió el proceso desde la fase de proyecto hasta el inicio de la construcción del edificio.

En Finlandia se ha llevado a cabo un proyecto para desarrollar un sistema de gestión de la información sobre la vida útil de los productos de construcción. El objetivo del sistema es servir a arquitectos, contratistas y a las organizaciones responsables del cuidado y mantenimiento de los edificios. El tema se aborda desde el punto de vista de los fabricantes de productos. Los resultados del proyecto se presentan en un estudio denominado «Service life planning. Product specific service information» (Häkkinen, y otros 2001). Una parte importante del proyecto fue destinado a desarrollar los métodos de predicción de la vida útil para recubrimientos de fachadas y cubiertas. Se utilizó el método de los factores descrito en la norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000). Como novedad se utilizó una simulación por ordenador para producir los valores de los factores. El estudio mostró que el uso de un solo factor no fue suficiente para cubrir todos los efectos materiales o los efectos ambientales.

También en Finlandia, el centro de investigación técnica de Finlandia VTT (Technical Research Centre of Finland) ha desarrollado ENNUS®, un software de apoyo en la evaluación de la vida útil de edificios. El programa ayuda a los diseñadores a determinar los parámetros que afectan a la vida útil del edificio y a predecir la vida útil de conformidad con el método de los factores presentado en la norma ISO 15686-1 (ISO 2000). El programa actualmente se puede utilizar para la evaluación de elementos de estructurales de hormigón armado, fachadas y cubiertas de acero y para paredes de madera al exterior. Nilsson y otros (Nilsson, Vares y Vesikari 2007) en un artículo sobre herramientas de ayuda al cálculo de la vida útil de estructuras de hormigón desarrolla un ejemplo de utilización de este software.

**Service Life Design of Concrete Structures by the Factor Method**

Select level of safety: 95%  
 Select structure (exposure class): Facades (XF1, XC3, XC4)  
 36 years

**ENNUS CONCRETE**

Predicted service life		Frost attack	Carbonation exposed to rain	Carbonation sheltered from rain
76		76	43	36
RSLC	Reference service life	50	50	50
A	Material properties	1,5	1,0	1,0
B	Structural properties	1,0	0,7	0,7
C	Work execution	1	1	1
E	Outdoor environment	1,0	1,2	1,0
G	Maintenance level	1	1	1

Erkki Vesikari      VTT Technical Research Centre of Finland      March, 2005

**Figura 7 - Interface de usuario del programa ENNUS® desarrollado por el centro de investigación técnica de Finlandia VTT (Technical Research Centre of Finland)**

Marteinsson expone en diferentes artículos (Marteinsson 2001) y (Marteinsson 2003), los resultados de una amplia encuesta sobre el estado de conservación de las ventanas de madera en Islandia. El autor aplica el método de los factores como se describe en la norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) para estimar la vida útil de los componentes de la ventana. En los artículos combina los resultados de una evaluación del estado de conservación de las ventanas por expertos con las respuestas de una encuesta a los propietarios de las viviendas para evaluar la vida útil estimada de las ventanas, utilizando una distribución de probabilidad de Weibull. En 2005 Marteinsson publica una tesis doctoral (Marteinsson 2005) donde trata de demostrar el uso práctico del método de los factores en la planificación de la vida útil y donde establece algunos aspectos que considera necesario desarrollar de cara a una mayor aplicación del método. Desde 2008 Marteinsson ha publicado diferentes artículos sobre durabilidad de cubiertas con protección de acero corrugado utilizando la misma metodología que anteriormente en las ventanas (Marteinsson 2008) y (Marteinsson 2011).

Igal y otros (Igal, Shoheta y Paciuk 2006) establecieron un método de predicción de la vida útil de los componentes de revestimiento exterior de fachadas a partir del método de los factores. El método propuesto se centra en dos cuestiones planteadas en la norma ISO-15686 con el fin de mejorar la precisión y la fiabilidad de la predicción de vida útil: por un lado la modificación de los factores para cuantificar el efecto de los diferentes mecanismos de fallo y por otro lado obtener un alto grado de ajuste en los modelos de predicción a los datos reales (coeficientes de ponderación de los valores que oscilan entre 0,88 y 0,96).

Non Khuncumchoo y otros llevaron a cabo un estudio (Khuncumchoo, Augenbroe y Thomas-Mobley 2007) donde se ilustra la aplicación del método de los factores en la estimación de la vida útil de las cubiertas durante el proceso de toma de decisiones del mantenimiento de la misma.

Gaspar y de Brito, autores portugueses, han publicado diferentes estudios en el campo de la durabilidad y mantenimiento de fachadas, destaca el artículo «Service life estimation of cement-rendered facades» (Gaspar y de Brito 2008) en relación a la aplicación del método de los factores, donde describen una metodología para cuantificar la vida útil de referencia y sus factores modificadores en fachadas con revestimiento continuo de mortero de cemento basándose en datos de 150 casos reales localizados en Portugal. Los resultados obtenidos en los casos de estudio se utilizan como un conjunto de referencia para cuantificar la modificación de los factores. Los autores destacan que, aunque los valores obtenidos se refieren a un elemento constructivo específico, el método propuesto se puede aplicar a otros materiales y elementos diferentes, proporcionándose así una guía para la cuantificación de los factores en el método de los factores.

En la duodécima conferencia internacional sobre durabilidad de materiales y elementos constructivos (XII DBMC International conference on durability of building materials and components) celebrada en abril de 2011 se presentaron varios artículos en los que se exponía la aplicación del método de los factores en algunos casos y propuestas teóricas de mejora del método en otros. De todos los artículos presentados los más relevantes en relación a la aplicación o estudio del método de los factores fueron:

- “Service Life Estimation of Facades - Use of the Factor Method in Practice” (Listerud, Bjørberg y Hovde 2011)
- “Epistemic Uncertainty Propagation in Service Life Prediction Using the Factor Method” (F. Cecconi 2011)
- “Establishing Specific Criteria for the Application of ISO15686 Factor Method for Service Life Estimation” (Corvacho y Quintela 2011)

Recientemente, Aktas y Bilec publicaron un artículo (Bilec y Aktas 2012) donde se utiliza un método de predicción híbrido resultado de combinar el enfoque estadístico descrito en “American Society for Testing and Materials standard G166” con el método de los factores de la norma ISO 15686-1 (ISO 2000) con la intención de obtener valores lo suficientemente fiables para utilizarlos en estudios de Análisis del Ciclo de Vida. Según los autores, en sus formas actuales, los dos métodos no son adecuados para proporcionar estimaciones confiables para la gran variedad de productos que se utilizan en los edificios, pero consideran que la combinación de ambos métodos soluciona los problemas que presenta cada uno por separado. Los autores proponen que el método híbrido propuesto sirva de base para elaborar estudios equivalentes en otros productos y elementos constructivos. La propia norma ISO 15686 en su parte 8 (ISO 2008b) ya propuso el utilizar funciones estadísticas en la definición de los factores tal como proponen Aktas y Bilec.

## 4.5 Otros métodos relevantes para la predicción de la vida útil

A continuación se presenta un estado del arte de los métodos de predicción de vida útil diferentes del método de los factores, que han generado repercusión dentro del campo de estudio. El análisis de la bibliografía que se realiza a continuación se concentra en las referencias más recientes disponibles de los temas tratados, posteriores a 1996. Ello es debido a que fue en 1996, durante el tercer simposio internacional «Applications of the performance concept in building» organizado en Israel, cuando se identificó la necesidad de establecer la vida útil de diseño y se comenzó a trabajar en una estandarización (Frohnsdorff 1996, Frohnsdorff y Martin 1996).

### 4.5.1 Métodos probabilísticos

Cómo ya se introducía en el primer capítulo, los métodos probabilísticos consideran la degradación como un proceso estocástico<sup>1</sup>, donde se define la probabilidad de deterioro para cada propiedad durante un período de tiempo (Cecconi 2002). Según este autor, estos métodos, debido a la dificultad de aplicación en situaciones reales, sólo son rentables en proyectos a gran escala. Para la aplicación de métodos probabilísticos, es necesario poseer datos reales recogidos durante un dilatado periodo de tiempo, lo que lo hace de difícil aplicación fuera del campo de la investigación. El modelo matemático más utilizado en los métodos probabilísticos es el modelo de Markov. En el anejo B de la norma ISO 15686 Parte 7 Performance evaluation for feedback of service life data from practise (ISO 2006) se propone el modelo de la cadena de Markov para la predicción de la vida útil residual. La norma proporciona una base genérica para la retroalimentación de los datos de la vida útil de los edificios existentes.

Ejemplos de predicciones de la vida útil utilizando herramientas probabilísticas pueden encontrarse en numerosas publicaciones, pero la mayoría se centran en un solo material o en un solo ambiente de exposición. Los principales campos de aplicación son la vida útil del hormigón armado, la vida útil de los pavimentos y la vida útil de elementos de la envolvente del edificio, especialmente elementos de madera, tales como ventanas o revestimientos de paredes y cubierta.

Las bases de datos resultado de las investigaciones no parecen estar disponibles todavía. Este tipo de métodos se tienden a aplicar en proyectos con apoyo económico lo que conlleva que no se haga difusión pública de los resultados, lo cual dificulta en gran medida la investigación al respecto.

Como ya se ha expuesto anteriormente, el modelo más utilizado en los métodos probabilísticos es el modelo de Markov. Este método se basa en la hipótesis de que un modelo de deterioro se puede definir a partir de un número limitado de condiciones (Noortwijk y Frangopol 2004). El modelo de Markov supone que el deterioro es un proceso estocástico que se rige por variables aleatorias. La estructura se puede dividir en un número de componentes, que se deterioran al azar. Para cada componente se establecen los parámetros principales de la degradación, junto con las variables de deterioro, todo ello en función del tiempo. Los proyectos de investigación y los grandes proyectos de ingeniería a menudo se basan en modelos como el modelo de Markov para estimar la vida útil. En la figura siguiente se muestra una función de deterioro utilizando siete etapas:

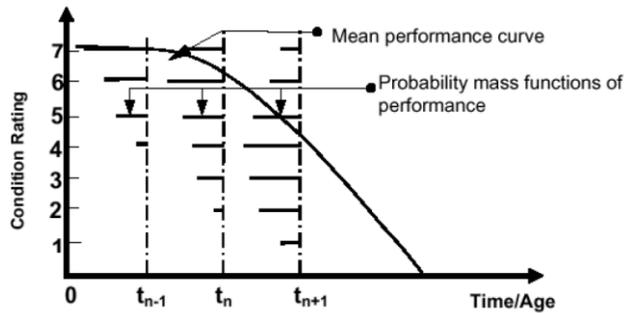


Figura 8 - Función de deterioro de Markov (Moser y Hovde 2004)

Se muestran a continuación ejemplos de aplicación de métodos probabilísticos utilizando el modelo de Markov:

- En «Degradation analysis by statistical methods» (Análisis de la degradación a través de métodos estadísticos) los autores hacen un resumen de los métodos estadísticos usados hasta ese momento (Leira, y otros 1999):

CLASE	MÉTODOS	SECTOR/CASO	NECESIDAD DE DATOS
<b>Gráficos de tendencias</b>	Nelson Aalen plots	Red de agua, autopistas, puentes, presas, muelles y elementos constructivos	Registro de datos a largo plazo
<b>Métodos de supervivencia</b>	Distribuciones de Poisson, Weibull, Cox, Herz	Tuberías de agua	Registro de datos a largo plazo
<b>Condición de transición de clase</b>	Cadena de Markov	Autopistas y carreteras, redes de agua, presas, puentes y muelles	Gran volumen de datos
<b>Módulo estocástico de análisis de parámetros en modelos determinísticos</b>	Métodos estructurales de fiabilidad. Diseño de los estados límite	Elementos y sistemas estructurales	Datos de ensayos de campo y de laboratorio

Tabla 11 - Aplicación de los diferentes métodos estadísticos para análisis de la degradación (Leira, y otros 1999)

- En 2003, Costa propone la utilización de los métodos probabilísticos en el proceso de toma de decisiones en sistemas de mantenimiento de las estructuras (Costa Pereira 2003).
- En «Uncertainty Analysis in Using Markov Chain Model to Predict Roof Life Cycle Performance» (Análisis de incertidumbre en el uso de modelos de Markov para predecir la el comportamiento de la cubierta durante su vida útil) los autores desarrollan un modelo de Markov para simular el proceso de degradación estocástico de una cubierta, para de este modo poder establecer los costes del ciclo de vida (Zhang, Augenbroe y Vidakovic 2005).

- En «Service Life Prediction of Surface Finishing Coating Systems Based Upon Markov Chain Model» los autores simulan el proceso futuro de degradación de los revestimientos. El modelo de simulación les permite establecer un programa de mantenimiento racional en los edificios existentes (Matsuda, y otros 2011).
- En el artículo “Probabilistic methods for performance based service life evaluation of wooden components” se presenta un modelo de predicción de la vida útil de los productos de madera basado en la exposición climática por un lado y la resistencia biológica de la madera por otro lado (Thelandersson, y otros 2011).

#### 4.5.2 Variables definidas como distribuciones: enfoques semideterministas - semiprobabilísticos

En la norma ISO 15686 Parte 8 (ISO 2008b) se establece que en la aplicación del método de los factores explicado en la ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) se puedan utilizar distribuciones o funciones de probabilidad. De hecho se aportan ejemplos de esta aplicación. Se podría considerar que en este caso la norma permite utilizar un enfoque semideterminista – semiprobabilístico en la predicción de la vida útil de los elementos constructivos.

Los métodos de predicción de la vida útil que utilizan un enfoque semideterminista – semiprobabilístico son aquellos que utilizan distribuciones o funciones de probabilidad para definir los factores que influyen en la degradación de los elementos objeto de estudio. Para la evaluación de la vida útil utilizando fórmulas con varias variables, en lugar de los valores estándar, se pueden utilizar las distribuciones.

Se muestran a continuación ejemplos de aplicación de métodos semideterministas - semiprobabilísticos:

- Lounis y otros en «Further steps towards a quantitative approach to durability design» demuestran que, en principio, los mismos enfoques probabilísticos utilizados para la seguridad y el mantenimiento en el cálculo estructural son también aplicables para la predicción de la durabilidad. El objetivo de la predicción de la durabilidad es mantener la probabilidad de fracaso dentro de un intervalo de tiempo determinado (o la vida de servicio) por debajo de un cierto valor límite que dependa de las consecuencias del fallo del componente o sistema (Lounis, y otros 1998).
- Fagerlund trata el ataque del hielo utilizando una variación del enfoque probabilístico. Los principales parámetros: la saturación, crítica y efectiva, y las heladas, se introducen como distribuciones (Fagerlund 1999).
- Sarja presentó un informe en 2003 donde se incluían modelos matemáticos para diferentes procesos de deterioro del hormigón armado como la corrosión o las heladas. Los modelos se presentan en un nivel semiprobabilístico y en un nivel probabilístico completo (Sarja 2003).

- McDuling (McDuling 2011) ha presentado recientemente un modelo de predicción de la vida útil basado en una combinación de la cadena de Markov y los siete factores modificadores de la norma ISO 15686-1 (ISO 2000). Tiene en cuenta la edad del edificio o componente y su estado de conservación, cuantificando los cambios en el estado a través del tiempo.

### 4.5.3 Métodos de ingeniería

Los métodos de ingeniería (engineering design methods) son de fácil aplicación como el método de los factores, y además describen los procesos de degradación de una forma probabilística, como los métodos probabilísticos (Cecconi 2002). Según Daniotti, los métodos de ingeniería se pueden utilizar para identificar los fenómenos de degradación de forma más analítica, pudiendo así controlarlos en proyecto a través de la planificación del mantenimiento (Daniotti 2003).

Según Moser y Hovde (Moser y Hovde 2004), los requisitos para los métodos de ingeniería deben ser:

1. El método debe ser fácil de entender (para ingenieros).
2. El método debe ser fácil y rápido de aplicar.
3. Los resultados deben de ser (para las simplificaciones que se han considerado) realistas.

Algunos de los métodos de ingeniería más conocidos son el Análisis Modal de Fallos y Efectos del Proceso AMFE (Failure Mode effects Analysis FMEA) y el Método de los Estados Límite (Performance Limits Methods).

#### **Análisis Modal de Fallos y Efectos del Proceso AMFE (Failure Mode effects Analysis FMEA)**

El Análisis Modal de Fallos y Efectos del Proceso AMFE (Failure Mode effects Analysis FMEA) se desarrolló inicialmente en los años sesenta en el sector aeronáutico. Su transposición al mundo de la construcción ha sido reciente y ha consistido en su utilización en la evaluación de la vida útil de productos. Uno de los objetivos de este método es obtener una lista lo más completa posible de los agentes de degradación que pueden operar en los edificios durante su fase operativa (Talon, Boissier y otros 2005).

Los mismo autores realizaron en 2006 un estado del arte de la aplicación de este tipo de métodos en el campo de la edificación denominado "Failure modes effects and criticality analysis research for and application to the building domain" (Talon, Chevalier y Hans 2006). En el documento se nombran entre otras las siguientes aplicaciones de los métodos AMFE en el campo de la edificación:

- Sistemas de cubierta (Lair y Chevalier 2002a);
- Ventanas de madera (Lair 2000);
- Muros de piedra (Lair, Chevalier y Rilling 2001);
- Paneles solares (Lair 2002b)

Como ejemplo más reciente, en el artículo “Investigation of Retrofit Solutions of Window-Wall Assembly Based on FMEA, Energy Performance and Indoor Environment” (Investigación de soluciones de rehabilitación ventanas y muros basado en AMFE, eficiencia energética y el medio ambiente interior) los autores describen un enfoque de optimización racional para analizar las soluciones empleadas en rehabilitación basado en la durabilidad, el ahorro de energía y el medio ambiente interior. La durabilidad se estudió a través de un análisis modal de fallos y efectos del proceso (Morelli, Lauritsen y Svendsen 2011)

### **Método de los estados límite**

El Método de los Estados Límite (Performance Limits Methods) pretende evaluar la durabilidad de los elementos constructivos mediante la simulación de su comportamiento en el tiempo. En este método, el fenómeno de degradación se mide por una cadena de relación: agentes → acciones → efectos → degradación (Daniotti 2003) y (Daniotti y Spangolo, 2008).

Como el ejemplo más representativo de aplicación de este método, en 2008 se publicó la norma ISO 13823 General principles on the design of structures for durability (Principios generales en el diseño de estructuras para la durabilidad). Esta norma especifica principios generales y los procedimientos recomendados para la verificación de la durabilidad de estructuras sometidas a condiciones climáticas conocidas, incluidas las acciones mecánicas, provocando la degradación del material produciendo un fallo. El enfoque adoptado en la norma asegura su fiabilidad a través del diseño de la vida útil de la estructura. Fue pensado para mejorar la evaluación y diseño de estructuras para una mayor durabilidad mediante la incorporación de un enfoque de ingeniería. Además, esta norma establece un marco para el desarrollo de modelos matemáticos para predecir la vida útil de los componentes de la estructura. El objetivo es garantizar que todos los modelos de análisis se incorporan en el método de estados límites, el mismo que se utiliza actualmente para la verificación y el diseño de estructuras. Abarca: conceptos básicos para la verificación de la durabilidad; requisitos de durabilidad, la vida de diseño de una estructura y sus componentes; predicción de la vida útil, y, estrategias para el diseño de la durabilidad. La norma ya ha sido utilizada para su uso en la evaluación de la durabilidad de estructuras arquitectónicas históricas (Lacasse 2008).

En la normativa española, la “Instrucción de hormigón estructural” EHE 08 utiliza como base de cálculo el Método de los Estados Límite (Ministerio de Fomento 2008). La EHE 08, hasta su revisión en 2008, no contemplaba todas las etapas del ciclo de vida de la estructura. La nueva EHE-08 dio un paso más al contemplar un nuevo Estado Límite de Durabilidad que contempla el fallo de una estructura como consecuencia de los procesos de degradación que pueden producirse sobre el hormigón o las armaduras, teniendo en cuenta la clase o clases de exposición ambiental a la que puede verse sometida. En el Anejo 9 de la norma se plantea un modelo de durabilidad para los procesos de corrosión de las armaduras, en el que se considera que la vida útil de una estructura de hormigón armado se mantiene mientras ésta conserve los requisitos del proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética sin costes inesperados de mantenimiento. Por primera vez la Instrucción EHE-08 incorpora un capítulo dedicado el mantenimiento de las estructuras,

entendido como el conjunto de actividades que es necesario llevar a cabo para que a lo largo de su vida útil se mantenga el nivel de prestaciones previsto en proyecto.

Jernberg, Sjöstrom, y otros autores reflexionan sobre la posibilidad de que los métodos que se han venido utilizando en el cálculo estructural se puedan adaptar al diseño del resto de componentes de un edificio en el informe "Service life and durability research for buildings and components Part01" (Investigación de vida útil y durabilidad para elementos constructivos) (Jernberg, Sjöstrom, y otros 2004).

## 4.6 Conclusiones

Se muestran a continuación las conclusiones extraídas tras el estudio de los diferentes métodos:

### 4.6.1 Métodos deterministas

Los métodos deterministas puros, es decir, aquellos que se basan en el estudio de los factores que influyen en la degradación de los elementos estudiados y en su determinación traducida en funciones de degradación, han demostrado ser, en base a los diferentes estudios llevados a cabo, una simplificación excesiva de fenómenos complejos, como son los fenómenos de degradación (Ferreira 2009). Los modelos deterministas de durabilidad no tienen en cuenta la dispersión de la degradación, del rendimiento o de la vida útil, es decir, con valores conocidos de los parámetros, el modelo abarca sólo un valor, que es a menudo el valor medio. Debido a esto, en muchos casos, la información obtenida por los modelos deterministas no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo (Sarja y Vesikari 1996). Ciertamente es que estos métodos presentan una gran ventaja de cara a su aplicación, son fáciles de entender, pero en muchos casos, la información obtenida por los modelos no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo.

Debido a estas razones, este tipo de métodos pueden ser utilizados como una aproximación a la materia hasta que los métodos probabilísticos o métodos de ingeniería alcancen un nivel de desarrollo suficiente en relación a los diferentes elementos constructivos, pero se deberá tener en cuenta la predicción de la vida útil resultado de este tipo de métodos no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo. Ahora bien, cierto es que pese a que el valor obtenido en sí mismo pueda no ser exacto, los valores calculados con el mismo método podrán ser comparables entre sí, pudiendo establecer escalas de durabilidad para diferentes elementos.

### 4.6.2 Métodos probabilísticos

En comparación con los métodos deterministas, los métodos probabilísticos consideran la degradación como un proceso estocástico, donde se define la probabilidad de deterioro para cada propiedad durante un período de tiempo. Estos métodos se han empleado con éxito para predecir el comportamiento de diferentes elementos constructivos, especialmente han sido más representativos aquellos ejemplos basados en la cadena de Markov. Sin embargo, según Gaspar el método requiere un gran número de elementos constructivos similares sometidos a las mismas condiciones climáticas, un requisito que no se suele cumplir con frecuencia en el sector de la construcción, ya que casi todos los edificios son únicos. A su vez el método requiere de modelos matemáticos complejos, lo que lo convierte en un método de difícil aplicación como método general de predicción de la vida útil (Gaspar 2002). Sin embargo, según B. Leira (Leira, y otros 1999), este tipo de métodos sirven para mejorar comprensión de los fenómenos físicos de degradación y deben ser utilizados para complementar la experiencia y el conocimiento de los materiales y productos.

### 4.6.3 Métodos semideterministas – semiprobabilísticos

La combinación de los métodos deterministas, junto con los métodos probabilísticos, ha resultado ser la mejor fórmula desarrollada hasta el momento en el campo de la predicción de la vida útil de los elementos constructivos de los edificios y sus componentes. Este enfoque está contemplado en la norma ISO 15686 en su Parte 8 (ISO 2008). La aplicación del método dependerá de la disponibilidad de bases de datos que permitan la caracterización de los diferentes factores como funciones de probabilidad.

### 4.6.4 Métodos de ingeniería

Los métodos de ingeniería, pese a definirse como métodos de fácil aplicación, igual que en los métodos probabilísticos, describen los procesos de degradación de una forma probabilística, lo que conlleva todas las desventajas del enfoque probabilista. Este tipo de método aún no ha llegado a un nivel de desarrollo suficiente para su estandarización como método general en la predicción de la vida útil. Sin embargo, no se descarta que haya adelantos futuros que puedan suponer un cambio en el enfoque de los métodos de predicción de la vida útil de los edificios en su aplicación a nivel de normativa internacional.

### 4.6.5 Selección del método a emplear

Tras haber analizado los diferentes enfoques que actualmente se emplean en materia de predicción de la vida útil de elementos constructivos se establece que la propuesta metodológica objetivo de esta tesis para la predicción de la vida útil de los sistemas constructivos habituales para fachadas y cubiertas, se basará en un enfoque determinista, concretamente se utilizará el método de los factores publicado en la norma ISO 15686-1 (ISO 2000). Tal como se explica en los párrafos anteriores, este tipo de métodos pueden ser utilizados como una aproximación a la materia hasta que los métodos probabilísticos o métodos de ingeniería alcancen un nivel de desarrollo suficiente en relación a los diferentes elementos constructivos y sus componentes, pero se deberá tener en cuenta la predicción de la vida útil resultado de este tipo de métodos no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo. Hay que destacar que pese a que el valor obtenido en si mismo pueda no ser exacto, los valores calculados con el mismo método podrán ser comparables entre si, pudiendo establecer escalas de durabilidad para diferentes elementos. De esta forma se podría establecer como criterio de selección de un sistema constructivo frente a otro. Asimismo, la determinación de los factores que afectan a la degradación de los sistemas de fachadas y cubiertas y su ponderación puede ayudar al técnico en la toma de decisiones de proyecto, pudiendo conocer de antemano que combinación de productos o soluciones puede prolongar la durabilidad de su sistema. Los valores obtenidos mediante este método también pueden ser utilizados como valores orientativos en los cálculos de Análisis del Ciclo de Vida, campo de estudio en el que los valores de durabilidad no tienen el objetivo de evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo sino que necesita valores orientativos de cara a evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia.

Se ha descartado la aplicación de un enfoque semideterminista por falta de bases de datos que permitan establecer los factores como funciones estadísticas.



## **5. Propuesta de una metodología para estimar la vida útil de los sistemas constructivos habituales para fachadas y cubiertas**

En este capítulo se procederá al planteamiento de la metodología para estimar la vida útil de los sistemas constructivos habituales para fachadas y cubiertas, objetivo principal de la tesis. Para llevar a cabo el planteamiento de la metodología, en primer lugar, se determinarán los elementos y sistemas constructivos objeto de estudio. En segundo lugar se generará una base de datos de durabilidades de componentes utilizados en los elementos constructivos estudiados. A continuación se determinarán las lesiones que más comúnmente afectan a estos elementos constructivos y a partir de las lesiones establecidas como las más comunes, se seleccionarán aquellos factores mesurables que afectan en mayor medida a la durabilidad de cada sistema. Finalmente, una vez establecidos los factores a emplear, se efectuará una propuesta de método para la estimación de la vida útil de los sistemas constructivos considerados.

### **5.1 Caracterización de los sistemas constructivos objeto de estudio**

#### **5.1.1 Justificación de la elección de fachadas y cubiertas como elementos constructivos objeto de estudio**

Las fachadas y cubiertas son elementos constructivos que componen la envolvente exterior de los edificios y por lo tanto, debido a su exposición a la intemperie, se requiere de ellos prestaciones combinadas, más exigentes que en otros elementos, en materia de durabilidad, aislamiento, impermeabilidad y estética. Este motivo es el que justifica la selección de dichos elementos para proponer una metodología de predicción de la vida útil.

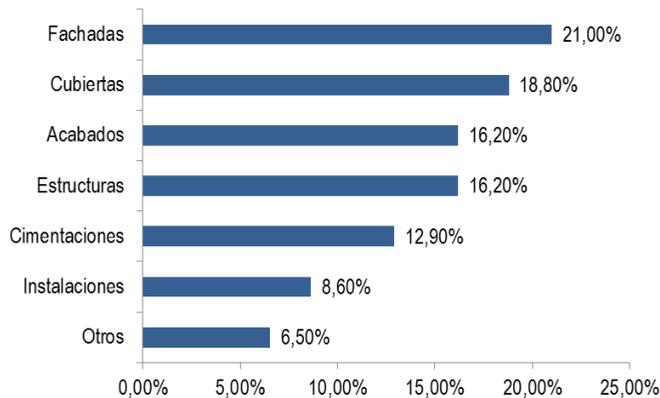
Si analizamos los procedimientos de diseño de los diferentes elementos constructivos que forman parte de un edificio (estructuras, cubiertas, fachadas, particiones,...), podremos comprobar que en el único elemento en el que la normativa obliga a tener en cuenta la durabilidad en el proceso de diseño es en los elementos estructurales. Concretamente, la norma EHE 08, a través del Estado Límite de Durabilidad, contempla el fallo de una estructura como consecuencia de los procesos de degradación (Ministerio de Fomento 2008).

Sin embargo, la durabilidad de los elementos constructivos de fachada y cubierta no se tiene en cuenta en el diseño de las mismas más allá de la responsabilidad exigida en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación, por la que los agentes deben responder durante un plazo de tres años por los daños materiales en el edificio causados por vicios o defectos que afecten a la habitabilidad. Por lo tanto, se considera de especial interés el proponer métodos de predicción de vida útil de los sistemas constructivos que componen la envolvente. De esta forma, los técnicos dispondrán de herramientas que les permitan estimar la vida útil de los sistemas de fachada y cubierta durante la fase de diseño, pudiendo comparar las diferentes alternativas desde el punto de vista de la durabilidad y decidir la opción más eficiente bajo unas determinadas condiciones y calidades.

A modo de ejemplo se muestran diferentes estadísticas resultado de diversas campañas de inspección de edificios que muestran como las fachadas y las cubiertas son los elementos donde se producen el mayor número de lesiones en los edificios.

## ASEMAS

La Asociación de Seguros Mutuos de Arquitectos Superiores (ASEMAS) es la aseguradora fundada en el año 1983 por acuerdo unánime de todos los colegios profesionales de España. Esta compañía tiene la base de datos sobre siniestralidad más importante del país. Amparándose en la protección de datos no han querido facilitar ningún dato en relación a la localización de las lesiones. Sin embargo, Aragón Fitera (Aragón Fitera 2010) publicó en su tesis doctoral los datos de un estudio realizado a nivel nacional por el Departamento de Estadística y Patología de ASEMAS sobre 4.024 expedientes, desde su fundación hasta 1990, donde se establecía la siguiente distribución de lesiones por elementos constructivos:



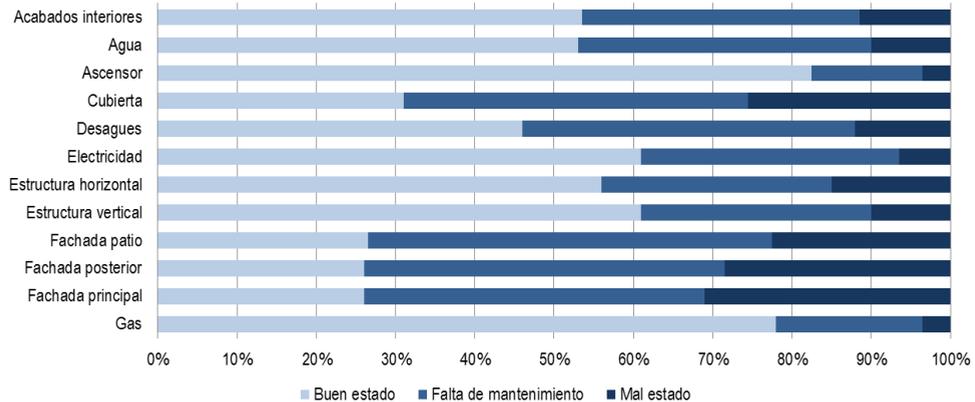
**Gráfica 1 - Distribución de lesiones por elementos constructivos (Aragón Fitera 2010)**

En este estudio, se observa que la fachada y la cubierta son los elementos que, a priori, más expedientes presentan.

## Col·legi d'Arquitectes Tècnics de Barcelona

El Col·legi d'Arquitectes Tècnics de Barcelona llevó a cabo en la década de los noventa una campaña de inspecciones técnicas de edificios residenciales en el marco del programa "La casa en forma" cuyos resultados fueron plasmados en diferentes publicaciones. A modo de ejemplo se muestra una gráfica sobre el estado de conservación de los diferentes elementos arquitectónicos y donde una vez más destacan las fachadas y cubiertas como los elementos con peor estado de conservación (Ochoa y Morón 1998).

## 5 Propuesta de una metodología

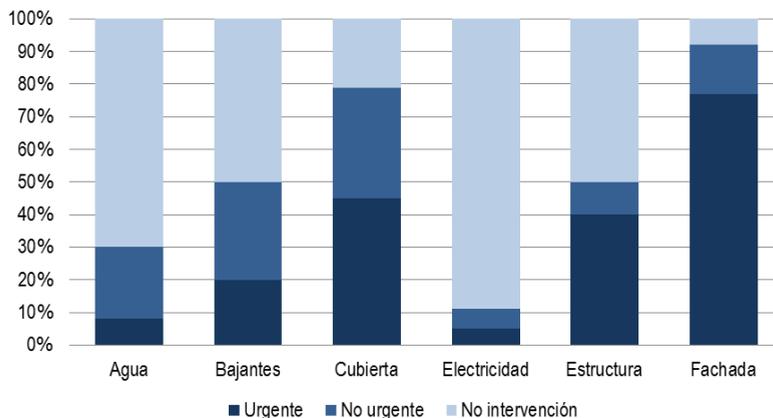


**Gráfica 2 - Estado de conservación de los edificios de viviendas en Cataluña. Inspecciones realizadas con el Test "Casa en forma". (Ochoa y Morón 1998)**

### Generalitat de Catalunya

En 1997 la Generalitat de Catalunya aprobó el «Programa para la revisión del estado de conservación y mantenimiento de los edificios de viviendas». El programa proponía revisar el estado de los edificios anteriores a 1960, concretamente 94.000 en Catalunya. El objetivo final era proporcionar a los propietarios la información necesaria para que pudieran emprender las reparaciones necesarias y planificar correctamente el futuro mantenimiento de sus edificios (Tremoleda i Pàmies 2000).

A continuación se muestra una gráfica resultado de llevar a cabo la primera campaña de inspecciones. Podemos observar como los elementos donde se requiere mayor intervención y con mayor urgencia son, una vez más, la fachada y la cubierta.



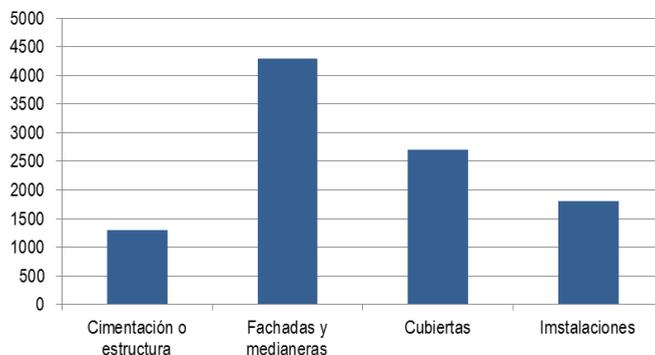
**Gráfica 3 - Porcentaje de edificios que se aconseja intervenir en cada elemento (Tremoleda i Pàmies 2000)**

## Inspecciones Técnicas de Edificios

La Inspección Técnica de Edificios, más conocida por sus siglas, ITE, es una inspección a la que deben someterse cada cierto tiempo los edificios en España según lo establecido en el Real Decreto-ley 8/2011, de 1 de julio, de medidas de apoyo a los deudores hipotecarios, de control del gasto público y cancelación de deudas con empresas y autónomos contraídas por las entidades locales, de fomento de la actividad empresarial e impulso de la rehabilitación y de simplificación administrativa. Este decreto estableció en 2011 que en municipios con población superior a 25.000 habitantes, los edificios con una antigüedad superior a 50 años, salvo que las comunidades fijen condiciones distintas en su normativa, deberán ser objeto de una inspección técnica periódica, que asegure su buen estado y debida conservación. Para ello, se evaluará la adecuación del inmueble a las condiciones legalmente exigibles de seguridad, salubridad, accesibilidad y ornato. Además se determinarán las obras y trabajos de conservación que se requieran para mantener los inmuebles en el estado legalmente exigible, y en el tiempo señalado al efecto (Ministerio de Fomento 2011).

Al margen de lo establecido por el citado Decreto-ley, las ordenanzas de los distintos municipios pueden establecer una periodicidad inferior para pasar la ITE.

El observatorio ITE es una Web (<http://www.iteweb.es/observatorio>), promovida por la Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas del Ministerio de Fomento y desarrollada por el Instituto de la Construcción de Castilla y León, que pretende informar al usuario del estado de la Inspección Técnica de Edificios en el territorio nacional. A continuación se muestran los datos estadísticos recopilados en el año 2010 por el Observatorio ITE, referentes a las Inspecciones presentadas en cada municipio o comunidad. Estos datos han sido facilitados al Instituto de la Construcción de Castilla y León por las Administraciones correspondientes para su divulgación en el Observatorio ITE.



**Gráfica 4 - Localización de síntomas de las inspecciones desfavorables (ICCL 2010)**

Una vez más vemos como los elementos de fachada y cubierta son aquellos dónde se localizan más síntomas de lesiones.

### Conclusiones

Se corrobora, mediante las diferentes estadísticas expuestas, que los elementos de fachada y cubierta son especialmente vulnerables ante las condiciones exteriores, y que debido a ello sufren un proceso de degradación más rápido que el resto de los elementos, concentrándose en ellos gran parte de las lesiones que afectan a los edificios.

Por lo tanto se debe prestar una especial atención a la durabilidad de fachadas y cubiertas, imponiéndose como una necesidad el desarrollo de herramientas que ayuden a los técnicos a asegurar una vida útil mínima, permitiéndoles prever y evitar aquellos mecanismos de degradación más comunes.

#### 5.1.2 Tipologías de fachada y cubierta más frecuentes en la edificación española

El método que se va a emplear en la propuesta de una metodología para predecir la vida útil de fachadas y cubiertas es el Método de los factores, concretamente se van a adoptar las directrices que marca la norma ISO 15686-1 en el Anexo E (ISO 2000) en lo que se refiere al uso del método de los factores.

El método de los factores permite determinar la vida útil de un sistema sujeto a unas condiciones específicas basándose en una vida útil de referencia y modificándola mediante unos factores relativos a las condiciones específicas y unas calidades concretas en cada caso. En el caso de concreto de determinar la vida útil de una fachada y una cubierta a partir del método de los factores, existen varios caminos a seguir, por un lado, se podría establecer un método de los factores para cada elemento es decir, un método que abarcara las diferentes tipologías de fachada y un método que abarcara las diferentes tipologías de cubierta, o por otro lado, se podría establecer un método de los factores para cada sistema de fachada y cubierta diferente.

Tras analizar las dos alternativas planteadas, la primera opción, aquella que consiste en establecer un método de los factores que abarque las diferentes tipologías de fachada y cubierta, se ha descartado por considerarse que los factores extrínsecos como las condiciones de exposición exterior serían diferentes de unas tipologías a otras, por ejemplo no afecta de la misma manera el viento a una cubierta con pavimento continuo pesado que a una cubierta de grava. Por lo tanto se ha considerado como más adecuada la alternativa de plantear un método de los factores para cada tipología de fachada y para cada tipología de cubierta, es decir, se empleará la misma metodología y los mismos criterios pero los factores que afecten a cada tipología serán diferentes.

Debido a la variedad de tipologías constructivas existentes, se ha acotado el campo de estudio a las dos tipologías de fachada y las dos tipologías de cubierta más empleadas en España. El objetivo de este capítulo es establecer aquellas, que por ser las más frecuentes, serán objeto de estudio.

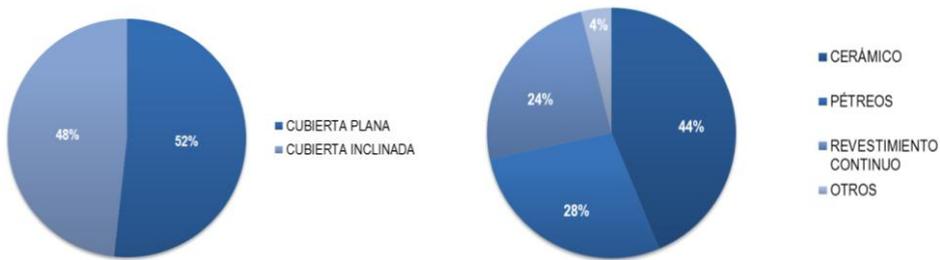
Por ser la edificación residencial la más presente en nuestro país, los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas que se tomen como referencia en el transcurso de la investigación serán a su vez los más representativos de esta edificación y serán menos frecuentes en otros edificios como, por ejemplo, los edificios públicos.

Para establecer las dos tipologías de fachadas y cubiertas más empleadas se ha recurrido a consultar las fuentes que se detallan a continuación:

### Ministerio de fomento

El Ministerio de fomento tiene publicados en su página web los resultados de la “Estadística de edificación y vivienda” (Ministerio de Fomento 2007-2010), resultado de la recopilación de los datos contenidos en una ficha que rellenan los técnicos competentes al solicitar una licencia de obra. Se han obtenido datos de 2007 a 2010, pero no contienen información en relación a la tipología empleada, sin embargo nos proporcionan información sobre el tipo de cubierta, plana o inclinada, y sobre el material de fachada, más empleados.

Los datos obtenidos son los siguientes:



**Gráfica 5 - Viviendas en edificios de nueva planta según tipología constructiva del edificio. (Ministerio de Fomento 2007-2010)**

### Consejo General de Arquitectura Técnica de España

El Consejo General de arquitectura técnica de España ha admitido tener información recopilada en relación a una ficha que le remiten sus colegiados sobre tipología constructiva y materiales utilizados en cumplimiento del anejo II.3.3.b del CTE. Estos datos serían más precisos que los de la estadística del Ministerio de Fomento pero no se me ha permitido el acceso a ellos.

## Proyecto CÍCLOPE

El Proyecto Singular y Estratégico CÍCLOPE, Análisis del impacto ambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida en términos cuantificables de consumo energético y emisiones de GEIs asociadas, pretende relacionar información, instrumentos y estrategias energéticas y medioambientales con un mismo objetivo en torno a una metodología de evaluación basada en el Análisis de Ciclo de Vida, que mediante información sectorial y de las empresas constituya un indicador eficaz sobre el coste medioambiental y energético de un edificio a lo largo de su vida útil. Así la suma de la información del parque de edificios contribuirá al cumplimiento de los objetivos ambientales y energéticos de España y a elevar la calidad y competitividad del sector.

El proyecto CÍCLOPE cuenta con los subproyectos que a continuación se detallan:

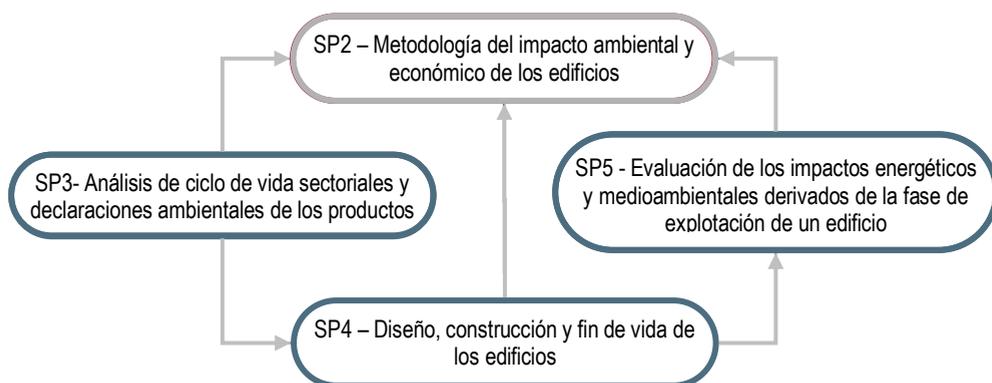
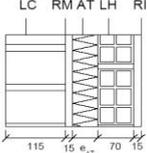
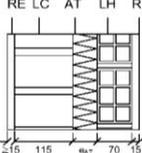


Figura 9 - Esquema de relación de los subproyectos del proyecto CÍCLOPE

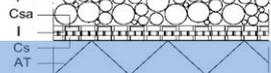
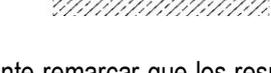
En el desarrollo del proyecto CÍCLOPE, el equipo de trabajo del Subproyecto 4: Diseño, construcción y fin de vida, coordinado por iMat - Centro Tecnológico de la Construcción, llevó a cabo una encuesta a los diferentes agentes involucrados en el sector de la construcción para establecer un listado de soluciones constructivas representativas de la construcción actual de edificios (obra nueva y rehabilitación).

Se muestran a continuación las dos tipologías constructivas de fachada y de cubierta que resultaron como las más representativas en el estudio llevado a cabo. Las diferentes soluciones se corresponden con las planteadas en “Catálogo de elementos constructivos Versión preliminar: Marzo 10. Borrador” editado por el Ministerio de vivienda (Ministerio de Vivienda, Catálogo de elementos constructivos Versión preliminar: Marzo 10. Borrador 2010).

## Fachadas

Codigo	Sección (mm)	Datos entrada			HS <sup>(1)</sup>	HE <sup>(4)</sup>	HR <sup>(6)</sup>		
		HP	RM	GI	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>s</sub> <sup>(6)</sup> (dBA)	R <sub>at</sub> <sup>(6)</sup> (dBA)	m (kg/m <sup>2</sup> )	
F 1.1		J1	N1	2	1/(0,54+R <sub>at</sub> )	50 [50]	47 [47]	247 [271]	
		J2	N2	3 <sup>(2)</sup>					
		-	B3	5					
F 3.1		R1		3	1/(0,54+R <sub>at</sub> )	48 [49]	45 [46]	220 [240]	
		R3 o B3		5					

## Cubiertas

Código	Sección	Soporte resistente SR		HE <sup>(3)</sup>	HR		
				U (W/m <sup>2</sup> K)	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Atr</sub> (dBA)
C 1.1			BP	1/(1,07+R <sub>at</sub> )	(4)	(4)	(4)
C 1.2		FU	BC	1/(0,55+R <sub>at</sub> )	(4)	(4)	(4)
C 1.3			BH	1/(0,46+R <sub>at</sub> )	(4)	(4)	(4)
C 5.1			BP	1/(1,05+R <sub>at</sub> )	(4)	(4)	(4)
C 5.2		FU	BC	1/(0,53+R <sub>at</sub> )	(4)	(4)	(4)
C 5.3			BH	1/(0,44+R <sub>at</sub> )	(4)	(4)	(4)

Es importante remarcar que los resultados de CICLOPE no son públicos y que muchos de los datos obtenidos hasta la fecha no se consideran definitivos.

## Otros

Durante el desarrollo de la tesis se ha contactado con diferentes agentes involucrados en el proceso constructivo para obtener más datos en relación a los sistemas de fachada y cubierta más comunes en la edificación de nuestro país, pero o bien no se ha obtenido respuesta o bien no disponían del tipo de datos requeridos. A continuación se especifican los organismos con los que se ha establecido contacto:

- Colegios profesionales: Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España, Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana y Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia.
- Asociaciones de fabricantes: ANDIMAT, ASCER, ASEFAVE, FEVEC e HISPALYT.
- Entidades de control de calidad ECC.

- Redes del sector de la construcción: Euroconstruct.

### **Conclusiones**

De entre toda la información recopilada se decide emplear las soluciones facilitadas por el proyecto CÍCLOPE por ser las más detalladas y las que nos permiten desarrollar el método de los factores al nivel que se ha establecido en los apartados anteriores.

### **5.2 Durabilidad de componentes empleados en los elementos constructivos**

El método de los factores permite predecir la vida útil de un sistema constructivo basándose en una vida útil de referencia y modificándola mediante unos factores. La vida útil de referencia de un sistema constructivo, al tratarse de un conjunto de componentes heterogéneos, se ha considerado igual al valor de vida útil de aquel componente del sistema cuyo fallo constituiría un riesgo para la seguridad de las personas y cuya sustitución por lesión conllevaría la sustitución del elemento constructivo en su conjunto. Siguiendo este razonamiento, para establecer la vida útil de referencia de un sistema constructivo es necesario conocer la vida útil de referencia de los componentes que lo constituyen. Por lo que el primer paso para poder plantear una metodología basada en el método de los factores consistirá en establecer una base de datos de vidas útiles de referencia de los componentes constitutivos de los elementos constructivos de fachada y cubierta.

Para poder elaborar una base de datos de vidas útiles de referencia se ha llevado a cabo un estudio multicriterio analizando todas las bases de datos de durabilidad de materiales y componentes de elementos constructivos a las que se ha tenido acceso.

Una base de datos de vidas útiles de referencia, al mismo tiempo que constituye un requisito indispensable para la aplicación del método de los factores, permitirá establecer una planificación del mantenimiento en los edificios en relación a las reposiciones de elementos necesarias. De esta forma, planificando las necesidades de inversión durante la vida útil de un edificio y un adecuado mantenimiento, se puede buscar la combinación más rentable para la sociedad y para los propietarios (ISO 2000).

## 5.2.1 Estudio multicriterio

### ¿En qué consiste un estudio multicriterio?<sup>3</sup>

El estudio multicriterio es un método científico que permite orientar la toma de decisiones a partir de varios criterios. Este método se destina esencialmente a emitir un juicio comparativo entre datos. Consiste en relacionar diferentes indicadores y otorgarle a cada uno una importancia relativa con respecto a los demás. Para poder efectuar un estudio multicriterio es necesario disponer de un conjunto de alternativas competitivas. El estudio multicriterio puede realizarse a partir de datos tanto objetivos como subjetivos.

La clasificación multicriterio la usamos de manera informal a todas horas. La simple pregunta “¿vamos al cine?” la dispara en forma de rápida y simultánea consideración de varios criterios. En nuestro cálculo informal existe una parte objetiva, muy frecuentemente mediada por el instinto, y la elección subjetiva entre las alternativas no descartadas. Por ello, aunque la mente humana usa la clasificación multicriterio desde hace miles de años, su formalización algebraica es reciente (Hernández Aja y Vázquez Espí 2010).

En un principio, este método fue desarrollado en el ámbito de las ciencias económicas y en el de la ingeniería industrial, pero desde la década de 1970, los estudios multicriterio, empezaron a experimentar una importante evolución, hasta convertirse en una herramienta científica.

El estudio multicriterio puede llevarse a cabo según múltiples métodos, que pueden agruparse en cuatro categorías distintas: sin compensación, agregación completa, agregación parcial o agregación local.

El estudio multicriterio que se presenta en este capítulo se enmarca dentro de la categoría de agregación completa. En los métodos por agregación completa, se procede por síntesis a determinar un valor que permite representar la agregación de todos los criterios. Esto implica que todos ellos sean medibles.

Algunos métodos que pertenecen a esta categoría son: media ponderada, utilidad aditiva (UTA), Goal Programming ("programación por metas"), Analytic Hierarchy Process ("proceso analítico jerárquico", AHP), Multi Attribute Utility Theory ("teoría de la utilidad multiatributo", MAUT)...etc. El más sencillo de estos métodos, el de la media ponderada.

Ventajas del estudio multicriterio:

- Encontrar una solución en situaciones complejas.
- Es un método comprensible.
- Es un método racional.

---

<sup>3</sup> La información contenida en este apartado se ha obtenido en su mayoría de la página web

[http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/tools/too\\_cri\\_som\\_es.htm](http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/tools/too_cri_som_es.htm), perteneciente a la Comisión Europea. El método aparece contemplado como una herramienta de evaluación dentro del programa de Cooperación y Desarrollo EuropeAid.

Inconvenientes del estudio multicriterio:

- Dificultad para definir los criterios de comparación y ponderarlos.
- Disponibilidad de los datos.
- Factor tiempo.

El análisis multicriterio es un instrumento que funciona de forma independiente. Sin embargo, puede combinarse con herramientas de colecta y de análisis, según las necesidades específicas de cada situación. Por ejemplo podría combinarse con las siguientes herramientas:

- Análisis coste-eficacia
- Panel de expertos
- Herramientas de observación
- Agregación local

### **Etapas que se han seguido en la elaboración del estudio multicriterio**

Etapa 1: Determinación del ámbito de aplicación e identificación de la meta a alcanzar

**Ámbito de aplicación:** componentes de los elementos constructivos

**Objetivo:** determinar la durabilidad estimada de los componentes empleados en los elementos de fachada y cubierta

Etapa 2: Localización de las bases de datos disponibles

En esta etapa se efectuó una investigación para localizar el mayor número de bases de datos disponibles a nivel mundial. Se nombran a continuación las bases de datos que han sido utilizadas en el estudio:

	<b>BASE DE DATOS</b>	<b>PAÍS DONDE SE EDITÓ</b>	<b>AÑO DE EDICIÓN</b>
1	A systematic approach for maintenance budgeting of buildings facades based on predictive and preventive strategies (Flores-Colen y de Brito 2010)	Portugal	2010
2	Appropriate use of the ISO 15686-1 factor method for durability and service life prediction (Davies y Wyatt 2005)	Reino Unido	2005
3	ASHRAE Owning and operating cost database (ASHRAE 2011)	EEUU	2011
4	Average life expectancy of all components in a house (J. Dagenais Consulting Services 2002)	EEUU	2002
5	Average useful life of building sections (Fierz 2005)	Suiza	2005
6	Catalogue d'éléments de construction (Energie Schweiz 2009)	Suiza	2009
7	Construction Durability Database (Building Defects Insurance 2006)	Reino Unido	2006
8	Control de calidad, comportamiento y durabilidad del sellado estructural con siliconas (O'Brien 2003)	EEUU	2003
9	CSA S478-95 Guideline on Durability in buildings (Canadian Standards Association 2007)	Canadá	2007

	BASE DE DATOS	PAÍS DONDE SE EDITÓ	AÑO DE EDICIÓN
10	Developing an effective service life asset management and valuation model (Abbott 2007)	Australia	2007
11	Condition Assessment Survey (CAS) Manual (Parsons Brinckerhoff Facilities Services 1993)	EEUU	1993
12	Durability by design (NAHB Research Center y Upper Marlboro 2002)	EEUU	2002
13	Guidelines for European technical approval (EOTA 1998-2010)	Europa	1998-2010
14	Guide to durability of buildings and building elements, products and components (BSI 1992)	Reino Unido	1992
15	Guideline for sustainable building (Federal Office for Building and Regional Planning, 2001)	Alemania	2001
16	HAPM Component Life Manual (Wornell, Bourke y Fordham 1991)	Reino Unido	1992
17	Impermeabilización de cubiertas con materiales no bituminosos (Llamas Pérez 2004)	España	2004
18	Increasing the Durability of Building Constructions (Lstiburek 2006)	EEUU	2006
19	Indicative life expectancy for building services plant, equipment and systems (CIBSE 2000)	Reino Unido	2000
20	International Association of Certified Home Inspectors InterNACHI (InterNACHI 2012)	EEUU	2012
21	Is PVC the bad boy of sustainable design? (Floros Phelps 2005)	EEUU	2005
22	Juntas en la construcción y su correcto sellado (Sika 2006)	Colombia	2006
23	Life Expectancy of Building Components BCIS, Surveyors' experiences of buildings in use. A practical guide (BCIS 2006)	Reino Unido	2006
24	Life expectancy of home components (Seiders, y otros 2007)	EEUU	2007
25	Maintenance, repair and replacement effects for building envelope materials (Morrison Hershfield Limited 2002)	Canadá	2002
26	Mantenimiento de los edificios (Peláez Avendaño 1983)	España	1983
27	Mantenimiento y durabilidad de los elementos que forman una cubierta (Cucciniello 2000)	Italia	1984
28	Ontario housing corporation life expectancy guidelines (CMHC 2000)	Canadá	1996
29	Previsao da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes (Ferreira 2009)	Portugal	2009
30	Repab Faktaböcker : Underhållskostnader – mark, bygg, måleri, installationer (REPAB 1997)	Suiza	1997
31	Sangren Hall: Building Systems Life Cycle Summary (Western Michigan University 2005)	EEUU	2005
32	Service life of multi-unit residential building elements and equipments (CMHC 2000)	Canadá	2000
33	Service life planning carried out in a building project (G. Hed 2003)	Suecia	2003

	BASE DE DATOS	PAÍS DONDE SE EDITÓ	AÑO DE EDICIÓN
34	Service life prediction of exterior cladding components (Shohet y Paciuk 2004)	Israel	2004
35	The green guide to specification (third and fourth edition) (Anderson y Shiers 2002) y (Anderson, Shies y Steele 2009)	Reino Unido	2002 y 2009
36	Timber service life design guide (Wang, y otros 2007)	Australia	2007
37	Typical life expectancy of building components (Costmodelling Limited 2009)	Reino Unido	2009
38	UNE-EN 15459 Eficiencia energética de los edificios. Procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios (AENOR 2008)	España	2008
39	Universidad Jaume I (consulta directa)	España	2012
40	Vida útil ponderada de edificaciones tesis profesional (González Mora 2005)	Costa Rica	2005
41	WI 00175150: Product category rules for wood and wood based products for Environmental Product Declaration (CEN/TC 175 Round and sawn timber 2011)	Europa	2011

### Etapa 3: identificación y selección de los criterios de juicio

El estudio multicriterio se basa en relacionar diferentes indicadores y otorgarle a cada uno una importancia relativa con respecto a los demás. En esta etapa se han definido los indicadores o criterios que se tendrán en cuenta en el estudio:

- **Afinidad del dato:** zona climática del país dónde se editó la publicación respecto a España.
- **Obsolescencia del dato:** año en el que se elaboró la publicación.
- **Fiabilidad de la fuente:** fiabilidad de la fuente en función del currículum investigador de los autores de la publicación, del currículum del centro investigador donde se ha editado la publicación u otras características de las fuentes que les otorguen fiabilidad.
- **Grado de especialización:** nivel de profundización en los diferentes elementos constructivos, por ejemplo, un grado sería el dar un dato relativo a la estructura del edificio y otro grado distinto sería si se aportan datos de cada elemento estructural como vigas o pilares en función del material con el que estén fabricados.

### Etapa 4: determinación del peso relativo de los criterios

Una vez los criterios han sido definidos, una de las reglas del método consiste en ponderar estos criterios asignándoles un peso relativo que sea el indicador de su importancia. La ponderación se ha efectuado mediante el uso de coeficientes. A continuación se detallan los coeficientes aplicados:

AFINIDAD DEL DATO	PUNTUACIÓN
Zona climática templada (mediterránea): España, Portugal, Italia	3
Zona climática templada (continental y oceánica): Alemania, Reino Unido, Suecia, Suiza, EEUU, Canadá	2
Zona climática fría o cálida: Australia, Israel, Colombia, Costa Rica	1
OBSOLESCENCIA DEL DATO	PUNTUACIÓN
Mayor de 2005	3
Igual o mayor que 2000 e igual o menor que 2005	2
Antes de 2000 o desconocida	1
FIABILIDAD DE LA FUENTE	PUNTUACIÓN
Alta	3
Media	2
Baja	1
GRADO DE ESPECIALIZACIÓN	PUNTUACIÓN
Alto	2
Bajo	1

La puntuación máxima se establece en 11 puntos.

#### Etapa 5: Volcado de datos y análisis multicriterio

Una vez definidos los criterios, la siguiente etapa es evaluar cada una de las fuentes que se comparan, en relación con cada uno de los criterios.

Para proceder a evaluar las diferentes fuentes, en primer lugar se ha procedido a elaborar una taxonomía de componentes de los elementos constructivos donde volcar los datos de las diferentes fuentes. De esta forma cada dato obtenido de cada componente se compara con los datos del mismo componente de las diferentes fuentes evaluadas.

En segundo lugar se ha procedido a evaluar cada una de las fuentes en función de los criterios establecidos en las etapas anteriores, otorgando a cada fuente una puntuación global, siendo el máximo de puntos posibles 11. En el “Anejo B Valoración de las fuentes utilizadas en el estudio multicriterio” se detalla la valoración de todas las fuentes. A continuación se muestra un ejemplo:

CONSTRUCTION DURABILITY DATABASE (REINO UNIDO) 2006		
CRITERIO		PUNTUACIÓN
Afinidad del dato	Reino Unido	2
Obsolescencia del dato	2006	3
Fiabilidad de la fuente	Alta	3
Grado de especialización	Alto	2
Afinidad del dato	TOTAL	10

**Tabla 12 - Ejemplo de evaluación de una fuente utilizada en el estudio multicriterio (Building Defects Insurance 2006)**

Por último, una vez obtenida la puntuación de cada fuente, se ha obtenido un valor representativo de vida útil de referencia para cada componente resultado de efectuar una media ponderada de los datos disponibles en función de la puntuación otorgada a cada fuente. A continuación se muestra un ejemplo:

Elemeno constructivo			Datos disponibles	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Vida útil mínima (años)	Vida útil máxima (años)	Vida útil Media aritmética (años)	Valor característico (años)	Vida útil media Multicriterio TODOS (años)
02 Cubiertas	2.2 Cubierta inclinada	2.2.09 Protección: teja cerámica	7	13,5	0,3	10	100	49	31	<b>48</b>

**Tabla 13 - Ejemplo de dato de vida útil de referencia a partir de estudio multicriterio. Extracto de la tabla de datos de vida útiles de componentes de elementos constructivos en formato Excel.**

### Resultados del estudio multicriterio

El resultado del estudio multicriterio consiste en una base de datos de vidas útiles de referencia de componentes de elementos constructivos. La base de datos contiene de cada componente los datos siguientes:

- Datos disponibles
- Dispersión del dato
- Vida útil mínima en años
- Vida útil máxima en años
- Vida útil media en años (media aritmética)
- Vida útil característica en años
- Vida útil media en años (resultado del estudio multicriterio teniendo en cuenta todos los criterios)
- Vida útil media años (resultado del estudio multicriterio teniendo en cuenta únicamente el criterio de afinidad)
- Vida útil media (años (resultado del estudio multicriterio teniendo en cuenta únicamente el criterio de obsolescencia)

- Vida útil media años (resultado del estudio multicriterio teniendo en cuenta únicamente el criterio de fiabilidad)
- Vida útil media años (resultado del estudio multicriterio teniendo en cuenta únicamente el criterio de especialización)
- Vida útil media años (resultado del estudio multicriterio pudiendo dar diferentes pesos a cada criterio)

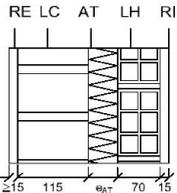
La base de datos resultado del estudio multicriterio, cuyo proceso de elaboración aquí se describe, constituye parte de un proyecto de investigación que se está llevando a cabo en el **Instituto Valenciano de la Edificación**, instituto de investigación donde ejerzo mi actividad profesional. Debido a que actualmente la base de datos no está publicada, por hallarse en proceso de validación, no se exponen los resultados de todos los componentes estudiados sino sólo de aquellos intervinientes en los sistemas constructivos estudiados.

## 5 Propuesta de una metodología

FACHADA DE FÁBRICA CERÁMICA CARA VISTA									
COMPONENTES DEL SISTEMA		DATOS DISPONIBLES	DEVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	VIDA ÚTIL MÍNIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MÁXIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA ARITMÉTICA (AÑOS)	VALOR CARACTERÍSTICO (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA MULTICRITERIO (AÑOS)
	LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo)	9	15,4	0,2	40	150	82	62	81
	RM: Revestimiento intermedio	7	10,6	0,3	10	60	37	22	37
	AT: Aislante no hidrófilo	6	9,4	0,2	25	100	42	31	43
	LH: Fábrica de ladrillo hueco	9	15,4	0,2	40	150	82	62	81
	RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado.	7	14,7	0,3	15	75	46	32	46

**Tabla 14 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de fachada de fábrica cerámica cara vista**

**FACHADAS CON REVESTIMIENTO CONTINUO**

COMPONENTES DEL SISTEMA		DATOS DISPONIBLES	DEVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	VIDA ÚTIL MÍNIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MÁXIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA ARITMÉTICA (AÑOS)	VALOR CARACTERÍSTICO (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA MULTICRITERIO (AÑOS)
	RE: Revestimiento exterior continuo	7	10,6	0,3	10	60	37	22	37
	LC: Fábrica de ladrillo cerámico	9	15,4	0,2	40	150	82	62	81
	AT: Aislante no hidrófilo	6	9,4	0,2	25	100	42	31	43
	LH: Fábrica de ladrillo hueco	9	15,4	0,2	40	150	82	62	81
	RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado	7	14,7	0,3	15	75	46	32	46

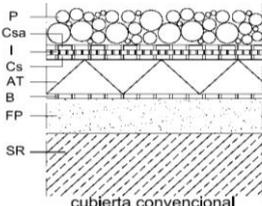
**Tabla 15 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de fachada con revestimiento continuo**

5 Propuesta de una metodología

CUBIERTA CONVENCIONAL CON PROTECCIÓN PESADA									
COMPONENTES DEL SISTEMA		DATOS DISPONIBLES	DEVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	VIDA ÚTIL MÍNIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MÁXIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA ARITMÉTICA (AÑOS)	VALOR CARACTERÍSTICO (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA MULTICRITERIO (AÑOS)
	P Capa de protección. Solado fijo	4	17,8	0,4	20	75	50	36	51
	MA Material de agarre o nivelación (mortero, lecho de arena...etc)	7	10,6	0,3	10	60	37	22	37
	Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.	1	-	-	10	30	30	30	30
	I Capa de impermeabilización	10	5,7	0,3	10	90	23	18	23
	Cs Capa separadora	1	-	-	10	30	30	30	30
	AT Aislante	10	12,2	0,3	20	100	39	22	40
	B Barrera contra el vapor	2	14,1	0,4	30	50	40	31	41
	FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros	3	7,1	0,2	30	60	39	32	39
	SR Soporte resistente	6	17,2	0,2	28	100	79	55	78

Tabla 16 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de cubierta convencional con protección pesada

**CUBIERTA CON PROTECCIÓN DE GRAVA**

COMPONENTES DEL SISTEMA		DATOS DISPONIBLES	DEVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	VIDA ÚTIL MÍNIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MÁXIMA (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA ARITMÉTICA (AÑOS)	VALOR CARACTERÍSTICO (AÑOS)	VIDA ÚTIL MEDIA MULTICRITERIO (AÑOS)
 <p>cubierta convencional</p>	P Capa de protección de grava	4	14,4	0,4	20	60	39	30	40
	Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.	1	-	-	10	30	30	30	30
	I Capa de impermeabilización	10	5,7	0,3	10	90	23	18	23
	Cs Capa separadora	1	-	-	10	30	30	30	30
	AT Aislante	10	12,2	0,3	20	100	39	22	40
	B Barrera contra el vapor	2	14,1	0,4	30	50	40	31	41
	FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros	3	7,1	0,2	30	60	39	32	39
	SR Soporte resistente	6	17,2	0,2	28	100	79	55	78

**Tabla 17 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de cubierta con protección de grava**

### 5.3 Procesos patológicos más comunes en los elementos constructivos considerados

Monjo en el artículo “Durabilidad vs Vulnerabilidad” (Monjo Carrió 2007) establece que la durabilidad de un elemento constructivo es función de su vulnerabilidad, entendida como el conjunto de debilidades (procesos patológicos posibles) que presenta un elemento constructivo al quedar expuesto a las acciones exteriores previsibles durante su vida útil. Por ello, para definir la durabilidad de un elemento constructivo será imprescindible el análisis de su vulnerabilidad.

Utilizando los conceptos que introduce Monjo en su artículo, el primer paso de cara a establecer los factores que afectan a la durabilidad de fachadas y cubiertas, es determinar su vulnerabilidad, es decir, aquellos procesos patológicos que más probablemente les puedan afectar. Para ello, en primer lugar, se ha llevado a cabo un estudio de la bibliografía existente en relación a los procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas, cuyos resultados se exponen a continuación.

#### 5.3.1 Estudio bibliográfico sobre los procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas

A continuación se expone la información que se ha obtenido de las diferentes fuentes consultadas en relación a los posibles procesos patológicos que más comúnmente afectan a fachadas y cubiertas.

#### Patología de fachadas urbanas 1987

El primer estudio que se ha considerado relevante en relación a la incidencia de los distintos procesos patológicos en fachada fue llevado a cabo por diversos profesores del Departamento de Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid en colaboración con los alumnos de 4º año del curso 1982/83. En el estudio se analizaron 1915 casos de lesiones constructivas de fachadas ubicadas en la ciudad de Valladolid, con el siguiente resultado estadístico:

LESIÓN	PORCENTAJE
Desprendimientos	43%
Suciedades	25%
Grietas y fisuras	15%
Humedades	7%
Oxidaciones	6%
Erosiones	4%

**Tabla 18 - Porcentaje de lesiones presentes en las fachadas estudiadas (Departamento de construcción de la ETSAV 1987)**

El detalle de estos resultados, y su análisis, está recogido en la publicación que fue consecuencia de este trabajo titulada: “Patología de fachadas urbanas” (Departamento de construcción de la ETSAV 1987).

## Estudio de la Cátedra de Construcción IV de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid 1990

Se exponen a continuación los resultados de un trabajo llevado a cabo en la Cátedra de Construcción IV de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid con la colaboración del profesor Rodolfo Hernando Cotarelo y la participación de alumnos de 6º curso, en los años 1988,89 y 90 (Monjo Carrió 1992). En el estudio se recogieron un total de 5000 fichas de lesiones de fachadas de la ciudad de Madrid, que se analizaron informáticamente mediante un programa de ordenador diseñado al efecto. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

LESIÓN	PORCENTAJE
Desprendimientos	23%
Suciedades	22%
Grietas y fisuras	15%
Humedades	13%
Erosiones	9%
Corrosiones	8%
Eflorescencias	5%
Organismos	5%

Tabla 19 - Porcentaje de lesiones presentes en las fachadas estudiadas en la ciudad de Madrid (Monjo Carrió 1992)

Los datos de este estudio están contenidos en un banco de datos patológicos, en el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Universidad Politécnica de Madrid.

## Siniestralidad arquitectónica 1994

Joseba Escribano Villán publicó en 1994 un resumen de su tesis doctoral sobre siniestros en edificación denominado "Siniestralidad arquitectónica" (Escribano Villán 1994). El estudio se basa en los datos de siniestros producidos en la edificación desde 1984 a 1987, en base a 1820 expedientes de la recién creada Mutua de Seguros de Arquitectos Superiores ASEMAS. El enfoque está orientado a conocer las responsabilidades de la siniestralidad. Este trabajo concluye con unas propuestas de ámbito político y legal que, vistas ahora en perspectiva, resultan cuanto menos muy predictivas, como es la necesidad de una Ley de Edificación Española, la reforma del Código Civil y la limitación del ámbito de las responsabilidades, la creación de un Seguro Obligatorio para todos los agentes de la construcción, la necesidad de un Libro del Edificio con sus manuales de mantenimiento y la necesidad de desarrollar las Normas Tecnológicas del momento, endureciéndolas y convirtiéndolas en obligatorias (Aragón Fitera 2010).

En el último capítulo del libro se incluye un extracto que recoge las causas de los siniestros que se producen con mayor frecuencia y que a la vez, suponen un mayor costo social y económico. La proporcionalidad que expone el autor de los principales síntomas denunciados es la siguiente:

LESIÓN	PORCENTAJE
Humedades	37,5%
Fisuración	25,5%
Acabados	9%
Estructura	6%
Otros	22%

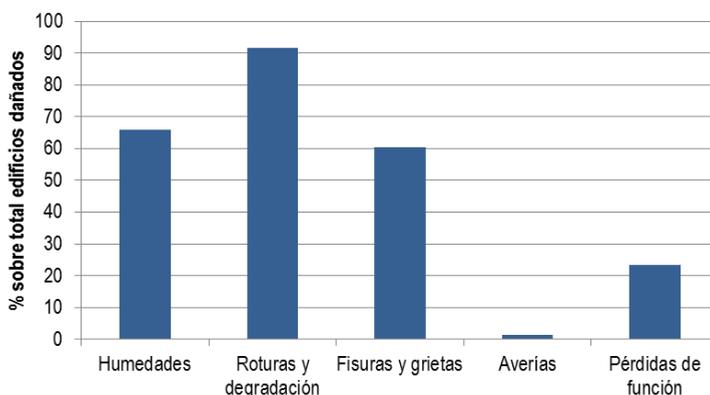
Tabla 20 - Datos extraídos de la gráfica sobre la sintomatología general detectada en los siniestros contenida en la publicación “Siniestralidad arquitectónica” (Escribano Villán 1994)

### Campaña “La casa en forma” 2000

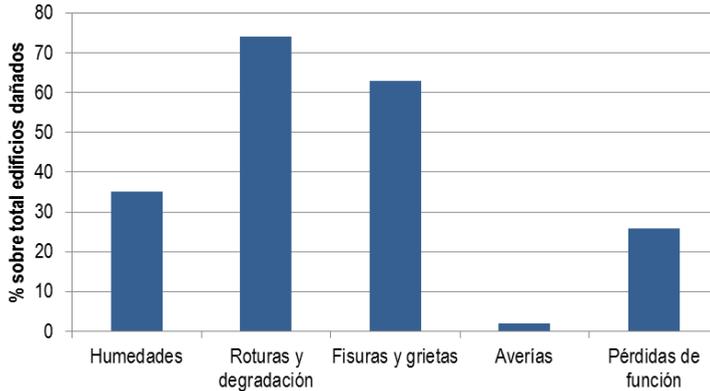
En el año 2000, el Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Murcia llevó a cabo, en el municipio de Murcia, una campaña con el lema “La casa en forma”. La campaña tenía dos objetivos principales:

- Sensibilizar sobre la necesidad de mantenimiento, ofreciendo información a los usuarios.
- Defender los intereses del usuario, realizando inspecciones técnicas de edificios de más de veinte años.

Durante la campaña se enviaron arquitectos técnicos para realizar, de forma gratuita, 80 inspecciones técnicas de los elementos exteriores del edificio. Se exponen a continuación las conclusiones obtenidas tras el estudio y el análisis de los correspondientes informes técnicos.



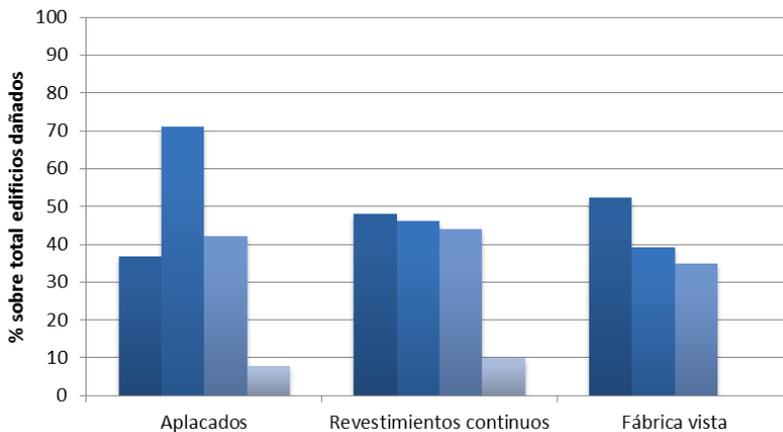
Gráfica 6 - Presencia de lesiones en fachada obtenidas de la campaña “La casa en forma”



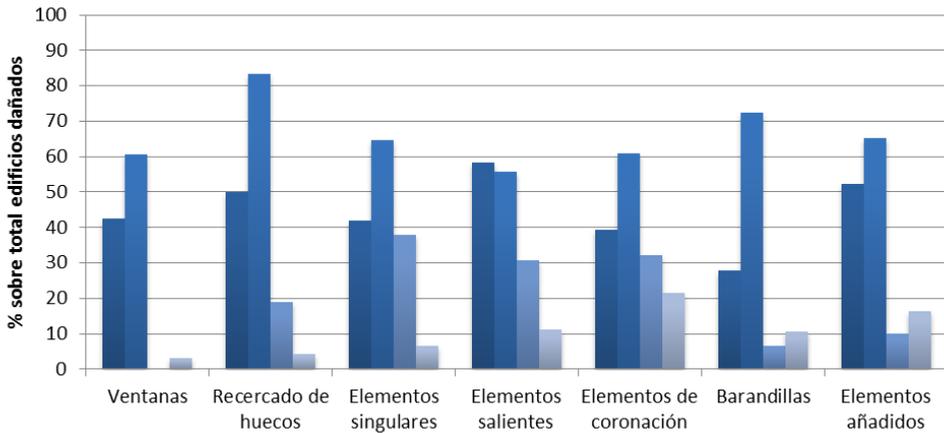
**Gràfica 7 - Presencia de lesiones en cubierta obtenidas de la campaña "La casa en forma"**

Las gráficas muestran el porcentaje de fachadas o cubiertas que presentaban cada una de las lesiones valoradas. Como se puede observar la lesión que más se da es la de roturas y degradación de los elementos. En el caso de fachadas destacan también las humedades y las fisuras y grietas, en ese orden, y en cubiertas también destacan estas dos lesiones pero en diferente proporción. En cuanto a las humedades, es interesante observar que los autores apuntan que en muchos casos aparecen a causa de la degradación de otros elementos tales como jardineras y vierteaguas en fachadas y las juntas de dilatación, sumideros y albardillas en cubiertas.

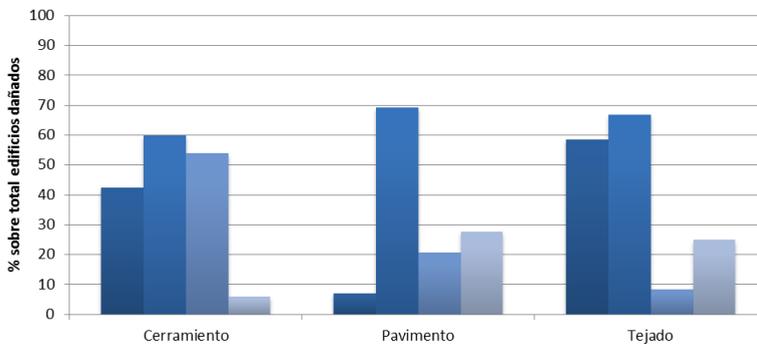
A continuación se muestra el estudio en detalle de los revestimientos de fachada, elementos de fachada y elementos de cubierta.



**Gràfica 8 - Presencia de lesiones en revestimientos fachada obtenidas de la campaña "La casa en forma"**



**Gráfica 9 - Presencia de lesiones en elementos de fachada obtenidas de la campaña “La casa en forma”**



**Gráfica 10 - Presencia de lesiones en elementos de cubierta obtenidas de la campaña “La casa en forma”**

Como se observa en las gráficas, las roturas son el principal problema de los aplacados, mientras que en fábrica vista y en revestimientos continuos las humedades aparecen en mayor número. Sobre la cubierta los datos de dicho elemento reflejan un elevado número de cubiertas que presentan roturas y degradación.

### Rehabilitación y mantenimiento de edificios 2001

Pascual Úbeda presentó en el libro “Rehabilitación y mantenimiento de edificios” (Úbeda de Mingo 2001) un estudio estadístico sobre patología en los edificios con datos obtenidos de una institución dedicada al seguro de profesionales. La muestra que se usó en el estudio consistió en 2717 casos de reclamaciones, distribuyéndose de la siguiente forma:

LESIÓN	Nº DE RECLAMACIONES	PORCENTAJE
Otras causas patológicas	789	29,03 %
Humedades. Fallo impermeabilización cubierta	65	24,21 %
Fallos estructurales	384	14,13 %
Desprendimiento del revestimiento de fachada	159	5,85 %
Daños por flexibilidad estructural	134	4,93 %
Fallo de otras instalaciones	113	4,15 %
Excavación excesiva	85	3,12 %
Fallo del suelo (otras causas)	72	2,64 %
Fallo de la instalación de fontanería	60	2,20 %
Fallo del suelo (rellenos)	58	2,13 %
Fallo en la red de saneamiento	47	1,72 %
Humedades. Fallo de bajantes y desagües	46	1,69 %
Fallo del suelo (arcillas expansivas)	39	1,43 %
Humedades que provienen del suelo	39	1,43 %
Desprendimiento de tierras	23	0,84%
Fallo de la instalación del ascensor	6	0,22 %
Fallo de la instalación eléctrica	5	0,18 %
<b>TOTAL</b>	<b>2717</b>	<b>100 %</b>

**Tabla 21 - Número de reclamaciones presentadas sobre cada lesión (Úbeda de Mingo 2001)**

### **Premios de calidad en la edificación de la Región de Murcia 2010**

En la región de Murcia desde el año 2004 y cada dos años se celebran los Premios de Calidad en la Edificación de la Región de Murcia. Estos premios ponen en valor la calidad de los edificios premiando, tanto al edificio en su conjunto por el compromiso de sus propietarios con su conservación, como la durabilidad y criterios de selección de las soluciones constructivas y de los materiales empleados, reconociendo de esta forma la labor tanto de los profesionales como de los usuarios.

De las cuatro ediciones celebradas hasta el momento, en las tres últimas se ha publicado un anexo técnico vinculado a cada convocatoria, cuyo objetivo responde al estudio de las soluciones constructivas adoptadas en edificios cuya antigüedad era superior a 15 años que hubieran soportado el paso del tiempo sin alterar sus prestaciones y con costos de mantenimiento razonables. Este estudio se realiza sobre una muestra de edificios correspondientes a los candidatos de todas las ediciones anteriores. Con este análisis los organizadores pretenden resaltar las soluciones constructivas que mejor han soportado el paso del tiempo y señalar, por otra parte, los daños más frecuentes. En el anexo técnico correspondiente a la última edición se incluye la tabla que se muestra a continuación.

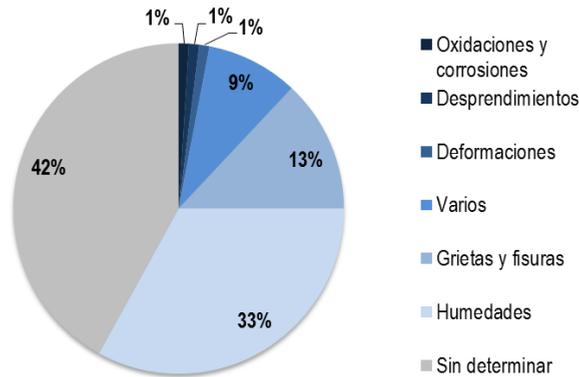
FACHADA (PAÑO CIEGO)		
ORDEN	LESIÓN	PORCENTAJE (%)
1	Degradación del material	29%
2	Manchas	27%
3	Desprendimientos	6%
4	Fisuras	4%
5	Grafitis	22%
6	Grietas	4%
7	Organismos	2%
8	Oxidación	6%
CUBIERTA		
ORDEN	LESIÓN	PORCENTAJE (%)
1	Degradación del material	30%
2	Manchas	7%
3	Desprendimientos	3%
4	Fisuras	3%
5	Grietas	3%
6	Organismos	27%
7	Suciedad	20%
8	Humedades	7%

Tabla 22 - Daños en función del elemento constructivo (Región de Murcia 2010)

De la tabla podemos extraer que las lesiones que más afectan a las fachadas analizadas son la degradación del material, las manchas y los grafitis, y las que más afectan a las cubiertas analizadas, son la degradación de material, la presencia de organismos y la suciedad.

### Estadísticas de siniestralidad de la edificación en la Región de Murcia 2012

La publicación “Manual prevención de fallos: Estanqueidad en fachadas” (Rosa Roca 2012) expone las conclusiones de un estudio de las estadísticas de siniestralidad de la edificación en la Región de Murcia, que se llevó a cabo en colaboración con el Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia en años anteriores. En la publicación se muestra la distribución de los siniestros en función del tipo de daño tal como se muestra a continuación:



**Gràfica 11 - Distribución de siniestros por tipo de daño (Rosa Roca 2012)**

De la gráfica se puede extraer que las humedades y las grietas y fisuras son los daños más comunes.

### Conclusiones

Cabe resumir que, vistos los anteriores referentes y en términos muy generales, las principales conclusiones son:

- Las principales lesiones que afectan a las fachadas, según apuntan los diferentes estudios son las humedades, las fisuras y grietas y los desprendimientos.
- Las principales lesiones que afectan a las cubiertas, según apuntan los diferentes estudios, son las humedades y las fisuras y grietas.
- El hecho de que los estudios que se han analizado sean, o bien estudios locales, o bien se basen en datos procedentes de compañías de seguros, hace que los resultados obtenidos por un lado, en el caso de los estudios locales, no sean representativos del conjunto del país, y por otro lado, en el caso de los datos que proceden de las compañías de seguros, al solo contemplar aquellas lesiones obtenidas de denuncias de los usuarios, no sean igualmente representativas del conjunto de lesiones que se dan en los edificios, pues no todas las lesiones llegan a constituir motivo de denuncia en las compañías de seguros.
- Ninguno de los estudios analizados contiene la concreción suficiente de los procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas para servir como base en el establecimiento de aquellos factores que puedan favorecer o evitar la aparición de cada una de las lesiones, por lo que será necesario recurrir a otras herramientas para completar la información obtenida.

### 5.3.2 Método Delphi

Debido a que los estudios sobre patología consultados y expuestos en el apartado anterior son, o bien locales, o bien se basan en datos procedentes de compañías de seguros, los resultados obtenidos, por un lado, en el primer caso, no son representativos del conjunto del país, y por otro lado, en el segundo caso, al solo contemplar aquellas lesiones obtenidas de denuncias de los usuarios, no son igualmente representativas del conjunto de lesiones que se dan en los edificios, pues no todas las lesiones llegan a constituir motivo de denuncia en las compañías de seguros. Por otro lado ninguno de los estudios analizados contiene la definición requerida de los procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas que pueda servir como base para establecer aquellos factores que pueden favorecer o evitar la aparición de cada una de las lesiones. Por lo tanto, ha sido necesario recurrir al empleo del método Delphi para completar la información obtenida. Una vez hayan sido establecidas, a partir del método Delphi, las lesiones que más comúnmente afectan a los elementos constructivos objeto de estudio, se podrán determinar aquellos factores que puedan favorecer o evitar la aparición de cada una de las lesiones estudiadas.

#### ¿En qué consiste el método Delphi?

El método Delphi, cuyo nombre se inspira en el antiguo oráculo de Delphos, fue ideado a comienzos de los años 50 en el seno del Centro de Investigación estadounidense RAND, como un instrumento para realizar predicciones sobre un caso de catástrofe nuclear. Desde entonces ha sido utilizado frecuentemente como sistema para obtener información sobre incertidumbres sobre las que no se dispone de datos previos. En la familia de los métodos de pronóstico, habitualmente se clasifica al método Delphi dentro de los métodos cualitativos o subjetivos (Astigarraga 2011).

Linston y Turoff definen la técnica Delphi como un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo (Linstone y Turoff 1975).

El método consiste en una consulta a un grupo de expertos en forma individual por medio de la interacción sucesiva de un cuestionario apoyado por los resultados promedio de la ronda anterior a fin de generar convergencia de opiniones.

Las principales características del método son:

- Utiliza como fuente de información un grupo de personas a las que se supone un conocimiento elevado de la materia que se va a tratar.
- Es un proceso iterativo, como mínimo los expertos deben ser consultados dos veces sobre la misma cuestión, de forma que puedan volver a pensar su respuesta ayudados por la información que reciben de las opiniones del resto de los expertos.
- Mantiene el anonimato de los participantes, o al menos de sus respuestas. Ello permite poder desarrollar un proceso de grupo con unos expertos que no coinciden ni temporal ni espacialmente, de esta forma se evitan las influencias negativas que en las respuestas individuales pudieran tener factores relativos a la personalidad de los expertos participantes.

- Este método se emplea bajo la condición de que no existen datos históricos con los que trabajar.
- La calidad de los resultados depende de la elaboración de los cuestionarios y de la elección de los expertos consultados.

Las ventajas de este método son:

- Alta probabilidad de obtener un consenso en el desarrollo de los cuestionarios sucesivos (lo cual no tiene por qué significar coherencia).
- La información recogida en el curso de la consulta es generalmente rica y abundante.
- Puede utilizarse en cualquier campo de conocimiento.

Los inconvenientes del método son:

- Es largo y costoso.

Entre las experiencias más relevantes en el uso de este método está la norma ATC-13 Earthquake Damage Evaluation Data for California (Rojahn y Sharpe 1985), la cual desarrolla matrices de daño basándose en el método de Delphi.

En materia de predicción de vida útil, una asociación canadiense estableció rangos de durabilidades de elementos constructivos en base al método Delphi (CMHC 2000).

**TABLE 5: ROOFING**

Ref. No.	Building Element	Material or Equipment Type	Your Estimate of How Long the Building Element will Last	Please Check If No Opinion	Your Opinion on the 2 Most Important Factors Affecting How Long the Building Part will Last (Ref. List Below)	Please Check If No Opinion
5.1	Roofs (Conventional)	Modified Bitumen	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.2		Built-up Roofing (BUR)	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.3		Single-Ply	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.4	Roofs (Inverted)	Modified Bitumen	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.5		Built-up Roofing (BUR)	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.6		Single-Ply	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.7	Parapets	Concrete	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.8	Base & Cap Flashing	Sheet Metal	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.9		Non-Metallic	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.10	Landscaped Terrace	Wood Deck	___ to ___ years		A B C D E F G H	
5.11		Concrete on Raised Floor	___ to ___ years		A B C D E F G H	

**Figura 10 - Encuesta sobre vida útil de elementos constructivos en edificios de viviendas utilizada en el desarrollo del método Delphi (CMHC 2000)**

### Aplicación del método Delphi

La aplicación del método Delphi se estructurará en base a dos rondas; es decir, habrá dos instancias de circulación y respuesta de los formularios. Aunque, la formulación teórica del método Delphi propiamente dicho comprende varias etapas sucesivas de envíos de cuestionarios, en buena parte de los casos puede limitarse a dos etapas, lo que sin embargo no afecta a la calidad de los resultados tal como lo demuestra la experiencia acumulada por otros autores en estudios similares (Astigarraga 2011).

A continuación se presentan las etapas seguidas:

1. Selección del grupo de expertos.
2. Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios de la primera ronda.
3. Análisis de las respuestas de la primera ronda.
4. Envío de la segunda ronda, informando a cada experto las predicciones de los otros.
5. Recogida y análisis de los resultados de la segunda ronda.

### Selección del grupo de expertos

Tal como se apuntaba en apartados anteriores, esta etapa es clave para el éxito del método.

En el proceso de selección de los expertos se estableció contacto con los diferentes agentes involucrados en la materia, con el objetivo de que todos ellos estuvieran representados. Se invitó a participar a personas provenientes de universidades, institutos de investigación, colegios y asociaciones profesionales, asociaciones empresariales, administraciones públicas, agencias de seguros y profesionales del sector. En total se invitó a participar a 40 personas o entidades de las cuales 23 finalizaron el proceso de participación, habiendo representantes de todos los sectores. Todos los participantes han sido seleccionados por su alto nivel de conocimiento en la materia tratada, contando con expertos de reconocido prestigio y amplia experiencia de cada uno de los sectores nombrados.

Los expertos que han participado no se citan por no vulnerar la ley de protección de datos.

### ELABORACIÓN Y LANZAMIENTO DE LOS CUESTIONARIOS DE LA PRIMERA RONDA

El proceso Delphi comenzó con la convocatoria de los expertos seleccionados para explicarles la finalidad de la información que se les solicitaba y la mecánica iterativa que se seguiría.

Una vez convocados los expertos participantes se procedió al envío de los cuestionarios. El envío fue efectuado mediante correo electrónico. Los cuestionarios fueron cumplimentados y devueltos por los participantes en el plazo estipulado. Este proceso se llevó a cabo de forma individual y autónoma, con el objetivo de garantizar el anonimato y evitar que ningún miembro fuera influido por la opinión de otros expertos.

El cuestionario se elaboró de manera que facilitara, en la medida en que una investigación de estas características lo permite, la respuesta por parte de los consultados.

El cuestionario en su primera ronda contenía las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué lesiones, en su opinión, se producen con mayor frecuencia en fachadas?
2. ¿Qué lesiones, en su opinión, se producen con mayor frecuencia en cubiertas?
3. De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿Cuáles de ellas cree usted que preocupan en mayor medida a los usuarios?
4. De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿Cuáles de ellas cree usted que preocupan en mayor medida a los usuarios?

5. De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿cuáles de ellas cree usted que pueden afectar a la seguridad?
6. De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿cuáles de ellas cree usted que pueden afectar a la seguridad?
7. Por su experiencia, de las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿cuáles de ellas requieren de una mayor inversión para su reparación?
8. Por su experiencia, de las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿cuáles de ellas requieren de una mayor inversión para su reparación?
9. ¿Qué factores cree usted que deben considerarse al evaluar la vida útil de una fachada?
10. ¿Qué factores cree usted que deben considerarse al evaluar la vida útil de una cubierta?
11. ¿Qué factores cree usted que pueden incidir en el deterioro temprano de una fachada?
12. ¿Qué factores cree usted que pueden incidir en el deterioro temprano de una cubierta?

Los expertos disponían de diez casillas asignadas a cada pregunta donde podían contestar un máximo de diez opciones, debiendo de ordenar las respuestas por orden de importancia.

El cuestionario en su totalidad está disponible en el *Anejo C Cuestionario del método Delphi utilizado en la primera ronda y sus resultados*.

#### Análisis de las respuestas de la primera ronda

Tras la recepción de los resultados de la primera ronda se procedió a su análisis. En cada pregunta se seleccionaron las 10 o 5 respuestas más repetidas, dependiendo de la pregunta, y se ordenaron por orden de veces que habían aparecido. Las respuestas que coincidían en el número de veces que las ha mencionado un experto se ordenaron en función de la puntuación que cada uno de los expertos asignó a cada respuesta. En el *Anejo C Cuestionario del método Delphi utilizado en la primera ronda y sus resultados* se indican los resultados obtenidos tras la primera ronda.

#### Envío de la segunda ronda, informando a cada experto de las predicciones de los otros

Tras el procesamiento de los resultados del primer cuestionario, se comenzó la segunda ronda. En el segundo cuestionario se incluyó en cada pregunta las respuestas más repetidas de la primera ronda, tal como se muestra en el *Anejo C Cuestionario del método Delphi utilizado en la primera ronda y sus resultados*. En cada pregunta, el experto podía tachar o eliminar aquellas respuestas con las que no estaba de acuerdo, añadir las que creía que se habían omitido y deberían constar, y cambiar el orden de las que se incluían, quedando las respuestas ordenadas de mayor a menor relevancia, en función de lo que se estaba preguntando.

El método Delphi intenta llegar a pronósticos lo más consensuados posibles a través del intercambio de razones y argumentos; sin embargo, ello no debe conducir a que los expertos se sientan obligados o presionados en absoluto a plegarse a las respuestas mayoritarias. Sólo si las respuestas mayoritarias y los argumentos esgrimidos durante las discusiones y presentaciones realizadas en las reuniones del panel convencen al experto, éste deberá modificar su respuesta.

### Recogida y análisis de los resultados de la segunda ronda

Los cuestionarios de la segunda ronda fueron cumplimentados y devueltos por los participantes en el plazo estipulado. De la misma forma que en la etapa anterior, se procedió a seleccionar las diez respuestas más repetidas entre los participantes ordenándose por orden de relevancia otorgado. De esta forma se obtuvo una caracterización de las lesiones que los participantes consideraban que afectaban a fachadas y cubiertas desde diferentes puntos de vista. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

#### **1 ¿Qué lesiones, en su opinión, se producen con mayor frecuencia en fachadas?**

- Desprendimientos de revestimientos discontinuos o elementos de adorno
- Grietas y fisuras
- Fisuras y/o desprendimientos en revestimientos continuos
- Humedades de filtración a través del paño ciego o a través de sus juntas
- Humedades de condensación intersticiales y/o superficiales
- Humedad por falta de estanqueidad en carpinterías
- Oxidación y/o corrosión de elementos metálicos
- Eflorescencias
- Deterioro del aspecto exterior: suciedad, variación de color, manchas de óxido, etc.
- Degradación de los materiales tales como erosiones o costras

#### **2 ¿Qué lesiones, en su opinión, se producen con mayor frecuencia en cubiertas?**

- Humedades por filtración de agua
- Humedades por condensación
- Obstrucción de sumideros y canalones por falta de mantenimiento
- Rotura, deterioro y/o desplazamiento de la capa de impermeabilización
- Falta de juntas de dilatación o mala ejecución y/o mantenimiento de las existentes
- Degradación del material de protección en cubiertas planas
- Desprendimiento de la protección en cubiertas inclinadas
- Fisuras en antepechos
- Filtración de agua a través de puntos singulares (encuentros con paramentos verticales, etc...)
- Grietas y fisuras

**3 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿Cuáles de ellas cree usted que preocupan en mayor medida a los usuarios?**

Desprendimiento de acabados y elementos sueltos

Humedades

Fisuras, grietas, desplomes o deformaciones excesivas

Eflorescencias, presencia de moho, decoloración, suciedad...etc

Corrosión de armaduras

**4 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿Cuáles de ellas cree usted que preocupan en mayor medida a los usuarios?**

Humedades por filtración de agua

Desprendimiento de la protección cubiertas inclinadas o albardillas en cubiertas planas

Humedades de condensación

Deformaciones del elemento estructural soporte

Grietas y/o fisuras

**5 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿cuáles de ellas cree usted que pueden afectar a la seguridad?**

Desprendimientos de revestimientos o elementos sueltos

Fisuras, grietas, desplomes o deformaciones excesivas

Humedades

Procesos de corrosión

Falta de estabilidad geométrica del cerramiento sobre el forjado

**6 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿cuáles de ellas cree usted que pueden afectar a la seguridad?**

Humedades por filtración de agua

Desprendimiento de la protección en cubiertas inclinadas o albardillas en cubiertas planas

Inestabilidad de los antepechos por dilatación y contracción del tablero de cubierta

Rotura y/o desprendimiento de elementos anclados

Colapso por exceso de peso

**7 Por su experiencia, de las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿cuáles de ellas requieren de una mayor inversión para su reparación?**

Reparación o sustitución del acabado discontinuo

Grietas y/o deformaciones por movimientos estructurales o asentamiento de cimientos

Reparación o sustitución del acabado continuo

Humedades de filtración generalizadas

Humedades de condensación por fallo en el aislamiento térmico

**8 Por su experiencia, de las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿cuáles de ellas requieren de una mayor inversión para su reparación?**

Humedades por filtración de agua

Reparación o sustitución de la protección en cubiertas inclinadas

Lesiones ocasionadas por sobrecargas

Reparación o sustitución de la protección en cubiertas planas

Mejora del aislamiento térmico

**9 ¿Qué factores cree usted que deben considerarse al evaluar la vida útil de una fachada?**

Tipología constructiva

Calidad y durabilidad de los materiales empleados, especialmente de los de revestimiento

Impermeabilidad del sistema y correcto diseño del sistema de evacuación del agua

Nivel de calidad de la ejecución y de su control

El diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Aislamiento térmico evitando puentes térmicos

Agentes climatológicos (lluvia, viento, soleamiento...)

Realización y seguimiento de un plan de mantenimiento

Localización del inmueble (zona geográfica, situación de exposición, orientación...)

Contaminación ambiental

**10 ¿Qué factores cree usted que deben considerarse al evaluar la vida útil de una cubierta?**

Tipología constructiva

Calidad y durabilidad de los materiales empleados, especialmente de los de protección

Impermeabilidad del sistema

Correcto diseño del sistema de evacuación de agua: inclinación de faldones, sección de canalones ...

Nivel de calidad de la ejecución y de su control

El diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Uso

Agentes climatológicos (lluvia, viento, soleamiento...)

Localización del inmueble (zona geográfica, situación de exposición, orientación...)

Realización y seguimiento de un plan de mantenimiento

**11 ¿Qué factores cree usted que pueden incidir en el deterioro temprano de una fachada?**

Durabilidad de los materiales constituyentes del cerramiento, especialmente los de revestimiento

Defectos de ejecución

Falta de mantenimiento

Agentes climatológicos

Error de proyecto

Mal diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Tipología constructiva

Mal diseño del sistema de evacuación de agua

Falta del anclaje o de adherencia adecuados de los acabados

Contaminación medioambiental

**12 ¿Qué factores cree usted que pueden incidir en el deterioro temprano de una cubierta?**

Falta de mantenimiento

Defectos de ejecución

Durabilidad de los materiales constituyentes de la cubierta, especialmente los de protección

Error de proyecto

Agentes climatológicos

Mal diseño del sistema de evacuación de aguas

Mal diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Uso inadecuado

Tipología constructiva

## 5.4 Identificación de los factores a considerar en el método para la predicción de la vida útil de referencia de los sistemas constructivos considerados

### 5.4.1 Análisis de las lesiones más frecuentes

A continuación se muestran las lesiones que se ha decidido estudiar como resultado de haber efectuado el método Delphi. En la selección de las lesiones se ha tenido en cuenta la frecuencia de ocurrencia, la preocupación que pueda causar al usuario, la gravedad de la lesión y la inversión necesaria en su reparación. Algunas de las lesiones sugeridas por los expertos se han renombrado, otras se han fundido en una única lesión, y otras se ha considerado que eran las causas de otras lesiones, y no las lesiones en si mismas.

En el listado que se muestra a continuación, las lesiones no están ordenadas por importancia, sino por orden alfabético.

Lesiones consideradas en fachada:

- Degradación de los materiales: erosión, disgregación...etc.
- Desprendimientos de revestimientos discontinuos o elementos sueltos
- Deterioro del aspecto exterior: suciedad, decoloración, presencia de moho, etc.
- Eflorescencias
- Falta de estabilidad geométrica del cerramiento sobre el forjado
- Fisuras y/o desprendimientos en revestimientos continuos
- Fisuras y/o grietas
- Deformaciones
- Humedades de condensación intersticial y/o superficial
- Humedades de filtración a través del paño ciego o a través de sus juntas
- Humedades por falta de estanqueidad en carpinterías
- Oxidación y/o corrosión de elementos metálicos

Lesiones consideradas en cubierta:

- Colapso ocasionado por sobrecargas
- Deformaciones del elemento estructural soporte
- Degradación o desprendimiento de la protección pesada en cubiertas planas
- Desprendimiento de albardillas en cubiertas planas
- Fisuras en antepechos
- Fisuras y/ grietas
- Humedades por condensación
- Humedades por filtración de agua
- Desprendimiento de elementos anclados
- Rotura, deterioro y/o desplazamiento de la capa de impermeabilización

A continuación se expone, de cada una de las lesiones mencionadas una descripción, sus síntomas, las posibles causas, las posibles acciones que pueden evitar que se produzcan y los factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión. En el apartado de prevención no se hace especial hincapié en prevenir la lesión cuando se produce por causas indirectas tales como errores de proyecto, defectos del material, fallos de ejecución o falta de manteniendo, ya que este tipo de causas se presupone que siempre se hace lo posible por prevenirlas.

## FACHADA

### DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES: EROSIÓN, DISGREGACIÓN...ETC.

**Descripción** Erosión: pérdida o transformación superficial de un material producida por agentes externos, que provoca su desaparición progresiva, siendo el resultado dependiente de las propiedades internas de los materiales y de la intensidad de dichos agentes externos.

Disgregación: se produce cuando el material pierde cohesión interna, de forma que el material se desprende de forma natural o con un esfuerzo mínimo. Su presencia es claramente visible, pues, al perder masa, viene acompañada de un desnivel en la superficie del elemento.



(Adell Argilés 2000)

**Síntomas** Falta de material en los elementos.

- Causas más comunes**
- Acción de agentes naturales tales como el viento, el agua de lluvia sol y el sol.
  - Contaminación atmosférica.
  - Tránsito humano.
  - Organismo vivos tales como microorganismos, algas, líquenes, etc.
  - Erosión química.
  - Criptoeflorescencias.
  - Congelación de agua contenida en los poros.

- Prevención en proyecto**
- La elección de los materiales debe estar ligada a las condiciones de uso del elemento y a las condiciones de exposición, en zonas de mayor exposición deberán utilizarse materiales de mayor dureza.
  - Incorporación de elementos de protección de las zonas más susceptible de padecer erosión.
  - Uso de materiales poco heladizos en exteriores.
  - Hidrofugación superficial de materiales de fachada.
  - Evitar humedades siguiendo las indicaciones contenidas en los apartados de las lesiones de "Humedades de condensación intersticial y/o superficial" y "Humedades de filtración a través del paño ciego o a través de sus juntas".
  - Asegurar la ausencia de sales solubles en los materiales que componen el cerramiento especificando en proyecto la calificación de "no eflorescible" en los materiales que componen el cerramiento.
  - Utilizar materiales con baja absorción de agua como morteros hidrófugos, ladrillos impermeabilizados, etc.
  - Ejecutar los correspondientes ensayos de eflorescibilidad a lo largo de la obra en todos aquellos materiales susceptibles de ensayo.

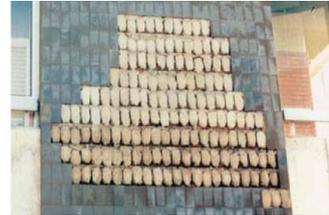
---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contaminación atmosférica.</li><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li><li>- Grado de exposición al viento.</li><li>- Resistencia al hielo/deshielo de las piezas cerámicas.</li><li>- Heladicidad de las piezas cerámicas.</li><li>- Impermeabilidad de la fábrica vista o del mortero de revestimiento.</li><li>- Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Eflorescibilidad del ladrillo.</li><li>- Tipo de revestimiento.</li><li>- Tipo de acabado del revestimiento.</li><li>- Grado de impermeabilidad de la fachada.</li><li>- Protección frente a impacto.</li><li>- Nivel de control en la ejecución.</li><li>- Uso de aditivos retardadores.</li><li>- Condiciones de uso.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (de Cusa 1991), (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

**FACHADA**
**DESPRENDIMIENTOS DE REVESTIMIENTOS DISCONTINUOS O ELEMENTOS SUELTOS**

**Descripción** Separación incontrolada de un revestimiento discontinuo o un elemento suelto del soporte, separación que puede ser sólo incipiente, manifestándose por simple fisuras o abombamientos, o puede ser definitiva, desprendiéndose el elemento parcial o totalmente.



(Monjo Carrió, Durabilidad vs Vulnerabilidad 2007)

**Síntomas** Fisuras en el revestimiento, abombamientos del revestimiento o deformación del elemento suelto o desprendimiento parcial o total del revestimiento o elemento.

**Causas más comunes** Las causas que afectan en general a los diferentes revestimientos discontinuos y elementos sueltos son:

- Dilataciones y contracciones higrotérmicas del acabado o elemento suelto.
- Movimientos diferenciales entre el soporte y el revestimiento o elemento suelto.
- Carencia o insuficiencia de juntas en el revestimiento.

En elementos colgados o anclados las principales causas de desprendimiento son:

- Fallo del anclaje por rotura o por corrosión.
- Rotura de la pieza por falta de espesor, defectos del material, acción del hielo en el sistema de poros, criptoflorescencias o impacto.

En alicatados las principales causas de desprendimiento son:

- Helada del agua o criptoflorescencias entre el revestimiento y el mortero o entre el mortero y el soporte.
- Fallo de adherencia por error en ejecución o defecto del material de agarre.

En elementos sueltos las principales causas de desprendimiento son:

- Corrosión de los anclajes.
- Error de fijación: anclaje no realizado a la hoja sólida del cerramiento o fallo del mortero de adherencia.

**Prevención en proyecto** Las principales acciones de prevención para los revestimientos discontinuos son:

- Correcto diseño de las juntas de dilatación con uniones abiertas entre piezas y respetando las juntas de la estructura y el soporte.
- Correcto diseño del encuentro entre planos: uso de piezas especiales.
- Asegurar la suficiente rigidez del soporte.
- Correcta elección del material de las piezas: no deberán ser impermeables al vapor de agua.

Las principales acciones de prevención para elementos colgados o anclados son:

- Correcta elección del tipo de anclaje según el sistema empleado.
- Correcta protección de anclajes contra la oxidación y corrosión.

Las principales acciones de prevención para elementos sueltos son:

- Correcto diseño del recorrido de evacuación del agua de lluvia.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación atmosférica.</li> <li>- Exposición a la radiación.</li> <li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li> <li>- Grado de exposición al viento.</li> <li>- Tipo de revestimiento.</li> <li>- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de anclaje.</li> <li>- Distancia entre juntas de movimiento verticales.</li> <li>- Tratamiento de los puntos singulares.</li> <li>- Protección frente a impacto.</li> <li>- Condiciones de uso.</li> <li>- Nivel de mantenimiento.</li> </ul>
--	---	--

---

<b>Bibliografía</b>	<p>(Monjo Carrió 2010), (Monjo Carrió 2007), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (Díaz Gómez 2002), (Díaz Gómez 2004), (Colegio oficial de arquitectos de cataluña 1980 y 1981), (de Cusa 1991), (González Valle, Cortés Bretón y Marín Estévez 1999), (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)</p>
---------------------	--

---

## FACHADA

### DETERIORO DEL ASPECTO EXTERIOR: SUCIEDAD, DECOLORACIÓN, PRESENCIA DE MOHO, ETC.

**Descripción** La suciedad es el resultado de la acumulación de partículas en suspensión de la atmósfera en la superficie de la fachada sin llegar a la reacción química entre ellas y el material constitutivo del cerramiento. Puede localizarse tanto superficialmente como en el interior de los poros de la fachada. Las partículas quedan retenidas en la fachada tanto por la tensión superficial que aumenta con el grado de humedad, como por las propiedades de la fachada (textura superficial, el material y la geometría).



(Rosa Roca 2012)

Además del tipo de ensuciamiento descrito, existe un tipo de suciedad producido por la aparición de mohos y hongos sobre superficies de fachada con humedad continuada y poco soleamiento. Los mohos son organismos vivos microscópicos vegetales.

---

**Síntomas** Manchas de color pardusco o verde en la superficie del cerramiento.

---

- Causas más comunes**
- Contaminación atmosférica.
  - Combinación de lluvia y viento abundantes con un alto coeficiente de absorción superficial de los materiales de fachada.
  - Mal diseño constructivo de los elementos de evacuación de agua.
  - Discontinuidad de la fachada.
  - Elevado tránsito humano y/o tránsito de vehículos.
  - Colonias de mohos.
  - Humedades en el cerramiento.
  - Soleamiento excesivo.
- 

- Prevención en proyecto**
- Utilizar texturas lisas y pulidas, especialmente con mayores niveles de exposición.
  - Siempre que sea posible utilizar una geometría plana, proporciona mayor uniformidad de ensuciamiento y menor notoriedad del mismo.
  - Anular en el diseño de la geometría de la fachada posibles concentraciones de escorrentía de agua, incorporando elementos tales como vierteaguas, alerones...etc.
  - Evitar las molduras en zonas con alto nivel de exposición o en zonas altas.
  - Utilizar colores oscuros, disimulan el depósito de partículas por falta de contraste.
  - En ambientes con elevada contaminación atmosférica proteger la fachada con un hidrófugo de superficie.
  - Estudiar la orientación de las fachadas de modo que no quede ninguna sin el adecuado soleamiento, dependiendo del tipo de material y la climatología del lugar.
-

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contaminación atmosférica.</li><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li><li>- Grado de exposición al viento.</li><li>- Impermeabilidad de la fábrica vista o del mortero de revestimiento.</li><li>- Tipo de revestimiento.</li><li>- Tipo de acabado del revestimiento.</li><li>- Grado de impermeabilidad de la fachada.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Correcta disposición de láminas impermeables.</li><li>- Color de la fábrica o del revestimiento.</li><li>- Condiciones de uso.</li><li>- Accesibilidad de las instalaciones húmedas.</li><li>- Incorporación de mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (de Cusa 1991), (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002), (López Sánchez, y otros 2003), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

**FACHADA**
**EFLORESCENCIAS**

**Descripción** Fenómeno que consiste en la recristalización de sales que pertenecen al cerramiento en la superficie del mismo. Las sales, contenidas en alguno de los elementos que componen el cerramiento se trasladan hasta la superficie disueltas en agua, donde el agua se evapora y las sales recristalizan.

Para que se produzcan las eflorescencias es necesaria la presencia de tres fenómenos:

1. Sales en disolución en alguno de los elementos que compongan el cerramiento.
2. Presencia de humedad.
3. Transporte de las sales a través de los cerramientos.

En caso de que la recristalización se produzca en alguna oquedad de los materiales se denomina criptoflorescencia.



(Monjo Carrió, Durabilidad vs Vulnerabilidad 2007)

**Síntomas** Machas blanquecinas en la superficie de los cerramientos.

- Causas más comunes**
- La fábrica y/o el mortero por defecto de fabricación contienen sales solubles sumado a la presencia de humedades.
  - Sales solubles arrastradas por el agua que asciende por capilaridad procedentes de abonos, tratamientos contra plagas, salmueras antihielo, orina, etc.
  - Presencia de una atmósfera ácida.

- Prevención en proyecto**
- Evitar humedades siguiendo las indicaciones contenidas en los apartados de las lesiones de "Humedades de condensación intersticial y/o superficial" y "Humedades de filtración a través del paño ciego o a través de sus juntas".
  - Colocar barreras antihumedad en el arranque de los muros para impedir la ascensión capilar.
  - Asegurar la ausencia de sales solubles en los materiales que componen el cerramiento especificando en proyecto la calificación de "no eflorescible".
  - Utilizar materiales con baja absorción de agua como morteros hidrófugos, ladrillos impermeabilizados, etc.
  - Ejecutar los correspondientes ensayos de eflorescibilidad a lo largo de la obra en todos aquellos materiales susceptibles de ensayo.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contaminación atmosférica.</li><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li><li>- Condiciones previstas de puesta en obra.</li><li>- Impermeabilidad de la fábrica vista o del mortero de revestimiento.</li><li>- Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas.</li><li>- Eflorescibilidad de las piezas cerámicas.</li><li>- Tipo de mortero de revestimiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Grado de impermeabilidad de la fachada.</li><li>- Correcta disposición de láminas impermeables.</li><li>- Color de la fábrica o del revestimiento.</li><li>- Nivel de control en la ejecución.</li><li>- Accesibilidad de las instalaciones húmedas.</li><li>- Incorporación de mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (López Sánchez, y otros 2003), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (ANFAPA 2008), (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002), (Fombella Guillém 1997), (de Cusa 1991), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

## FACHADA

### FALTA DE ESTABILIDAD GEOMÉTRICA DEL CERRAMIENTO SOBRE EL FORJADO

**Descripción** La lesión consiste en la falta de estabilidad del paño apoyado en el forjado.



Fotografía de Begoña Serrano  
Lanzarote

<b>Síntomas</b>	Aparición de fisuras horizontales en las piezas o en el mortero, fisuras verticales en las jambas de ventanas, abombamiento del paño y, en último caso, el desprendimiento del paño mal apoyado.	
<b>Causas más comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de apoyo de la fábrica en la estructura horizontal.</li> <li>- Espesor insuficiente de la fábrica combinado con variaciones dimensionales de origen termohigrométrico.</li> <li>- Imposibilidad de lograr un plano vertical del frente de la estructura sin errores de ejecución.</li> </ul>	
<b>Prevención en proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyar al menos las dos terceras partes del espesor de la fábrica.</li> <li>- En el caso en el que el vuelo del cerramiento sea mayor que un tercio del espesor del mismo, disponer de un angular corrido en el canto del forjado.</li> <li>- Diseño de la hoja exterior corrida por delante de la estructura del edificio.</li> </ul>	
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado de exposición al viento.</li> <li>- Rigidización transversal de los paños de fachada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situación de la hoja exterior de ladrillo.</li> <li>- Nivel de control en la ejecución.</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>	(López Sánchez, y otros 2003), (Mora Maíz 2008)	



**FACHADA**
**FISURAS Y/O DESPRENDIMIENTOS EN REVESTIMIENTOS CONTINUOS**

**Descripción** Fisuras: aquellas aberturas que afectan a la superficie del elemento o a su acabado.  
Desprendimiento: separación de un material de acabado del soporte sobre el que esta aplicado, separación que puede ser sólo incipiente, manifestándose por simple fisuras o abombamientos, o puede ser definitiva, desprendiéndose el revestimiento parcial o totalmente.



Fotografía de Begoña Serrano  
Lanzarote

**Síntomas** Fisuras en el revestimiento, abombamientos del revestimiento o desprendimiento parcial o total del revestimiento o elemento.

- Causas más comunes**
- Menor resistencia de la base que del mortero.
  - Falta de curado del mortero.
  - Mala dosificación del mortero.
  - Espesores de aplicación excesivos.
  - Falta de rugosidad, de limpieza, de humectación o de porosidad de la base.
  - Incompatibilidad química entre soporte y revestimiento.
  - Condiciones de aplicación con temperatura de demasiado elevada o viento fuerte.
  - Uniones constructivas mal resueltas.
  - Ausencia de juntas o mala ejecución de las mismas.
  - Estar sometido el revestimiento a ciclos de humectación y secado.
  - Filtración de agua y su posterior helada o criptoeflorescencias.
  - Dilataciones y contracciones superficiales en zonas expuestas a cambios bruscos de temperatura.
  - Movimientos del soporte.

- Prevención en proyecto**
- Selección adecuada del material en función del soporte y la zona climática.
  - Correcto diseño de las juntas de retracción respetando las juntas constructivas.
  - Utilizar productos prefabricados.
  - Exigencia del correspondiente DIT (Documento de Idoneidad Técnica) o bien otros sistemas de certificación de la calidad del fabricante.
  - Incorporación de un refuerzo o malla en los puntos singulares como las uniones de materiales o elementos diferentes.
  - Evitar la colocación si la temperatura es demasiado elevada o el viento fuerte.
  - En fachadas expuestas, proteger los revocos con elementos constructivos como aleros, impostas o goterones, para evitar que el agua de lluvia discurra sobre el revestimiento.
  - Controlar exhaustivamente la ejecución de la obra.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Frecuencia de exposición a la lluvia.</li><li>- Grado de exposición al viento.</li><li>- Condiciones previstas de puesta en obra.</li><li>- Resistencia al hielo/deshielo de las piezas cerámicas.</li><li>- Heladicidad de las piezas cerámicas.</li><li>- Impermeabilidad del mortero de revestimiento.</li><li>- Uso de morteros industriales.</li><li>- Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Eflorescibilidad de las piezas cerámicas.</li><li>- Tipo de mortero de revestimiento.</li><li>- Distancia entre juntas de movimiento verticales.</li><li>- Correcta disposición de láminas impermeables.</li><li>- Tratamiento de los puntos singulares.</li><li>- Color del revestimiento.</li><li>- Protección frente a impacto.</li><li>- Nivel de control en la ejecución.</li><li>- Uso de aditivos retardadores.</li><li>- Condiciones de uso.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (Monjo Carrió, Durabilidad vs Vulnerabilidad 2007), (ANFAPA 2008), (Múñoz Hidalgo 2009), (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

## FACHADA

### FISURAS Y/O GRIETAS

**Descripción** Grietas: aquellas aberturas incontroladas que afectan a todo el espesor del elemento  
 Fisuras: aquellas aberturas que afectan a la superficie del elemento o a su acabado.



(Adell Argilés 2000)

**Síntomas** Fisuras y/o grietas

#### Causas más comunes

Causas de origen mecánico:

- Hundimiento/colapso o giro del cimiento.
- Asiento diferencial.
- Movimientos estructurales no previstos.
- Reparto defectuoso de las cargas o cargas no previstas.
- Inadecuada rigidización transversal de los paños.
- Falta de apoyo de la fábrica en la estructura horizontal.
- Discontinuidades en el soporte.
- Deficiencias de la ejecución.

Causas de origen higrotérmico:

- Dilataciones y contracciones principalmente de origen higrotérmico, coartadas por la falta de juntas de dilatación.
- Acción expansiva del agua al congelarse.

Causas de origen químico:

- Oxidación de los elementos metálicos auxiliares.
- Criptoeflorescencias.
- Deficiencias de los materiales.

#### Prevención en proyecto

- Realización de estudio geotécnico adecuado a las circunstancias del edificio.
- Asegurar una adecuada capacidad mecánica de los paños de fachada teniendo en cuenta tipo de elemento constituyente de la fábrica y el espesor de la misma.
- Limitar la flecha absoluta (no sólo la relativa).
- Independizar la estructura del soporte limitando a su vez su movimiento.
- Correcto diseño y ejecución de las juntas de dilatación.
- Evitar discontinuidades en el soporte o manifestar la junta.
- Correcto diseño del paso de instalaciones para no debilitar el muro de fachada con rozas no previstas en proyecto.
- Evitar la humedad continuada de la fábrica.
- Correcto diseño del recorrido de evacuación del agua de lluvia.
- Correcta protección de los elementos auxiliares metálicos contra la oxidación y corrosión.

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición a la radiación.</li> <li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li> <li>- Grado de exposición al viento.</li> <li>- Condiciones previstas de puesta en obra.</li> <li>- Resistencia al hielo/deshielo de las piezas cerámicas.</li> <li>- Heladicidad de las piezas cerámicas.</li> <li>- Impermeabilidad de la fábrica vista o del mortero de revestimiento.</li> <li>- Uso de morteros industriales.</li> <li>- Clase de mortero en las juntas.</li> <li>- Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas.</li> <li>- Eflorescibilidad de las piezas cerámicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</li> <li>- Tipo de mortero de revestimiento.</li> <li>- Grado de impermeabilidad de la fachada.</li> <li>- Distancia entre juntas de movimiento verticales.</li> <li>- Correcta disposición de láminas impermeables.</li> <li>- Color de la fábrica o del revestimiento.</li> <li>- Protección frente a impacto.</li> <li>- Nivel de control en la ejecución.</li> <li>- Uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica.</li> <li>- Condiciones de uso.</li> <li>- Nivel de mantenimiento.</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>	<p>(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (López Sánchez, y otros 2003), (González Valle, Cortés Bretón y Marín Estévez 1999), (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)</p>	

**FACHADA**
**DEFORMACIONES**

- Descripción** Una deformación consiste en la pérdida de la forma original de la fachada. Puede consistir principalmente en:
- Desplome: pérdida de verticalidad de muros o soportes.
  - Flecha: deformación de un elemento constructivo horizontal que se ve afectado por una fuerza vertical en algún punto intermedio del mismo.
  - Asiento: Descenso que sufre una construcción en el terreno.
  - Pandeo: Deformación lateral curva de un elemento estructural comprimido.
  - Alabeo: Efecto que sufren elementos verticales cuando son sometidos a cargas verticales excesivas para su esbeltez.



Fotografía de César Díaz Gómez

<b>Síntomas</b>	Fisuras y/o grietas.
<b>Causas más comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hundimiento/colapso o giro del cimiento.</li> <li>- Asiento diferencial.</li> <li>- Movimientos estructurales no previstos.</li> <li>- Reparto defectuoso de las cargas o cargas no previstas.</li> <li>- Inadecuada rigidización transversal de los paños.</li> <li>- Falta de apoyo de la fábrica en la estructura horizontal.</li> <li>- Dilataciones y contracciones principalmente de origen higrotérmico, coartadas por la falta de juntas de dilatación.</li> </ul>
<b>Prevención en proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de estudio geotécnico adecuado a las circunstancias del edificio.</li> <li>- Asegurar una adecuada capacidad mecánica de los paños de fachada teniendo en cuenta tipo de elemento constituyente de la fábrica y el espesor de la misma.</li> <li>- Limitar la flecha absoluta (no sólo la relativa).</li> <li>- Independizar la estructura del soporte limitando a su vez su movimiento.</li> <li>- Asegurar la adecuada rigidización de los paños.</li> <li>- Asegurar un correcto apoyo de la fábrica en la estructura horizontal.</li> <li>- Correcto diseño y ejecución de las juntas de dilatación.</li> </ul>
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado de exposición al viento.</li> <li>- Distancia entre juntas de movimiento verticales.</li> <li>- Rigidización transversal de los paños de fachada.</li> <li>- Situación de la hoja exterior de ladrillo.</li> <li>- Condiciones de uso.</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (López Sánchez, y otros 2003), (González Valle, Cortés Bretón y Marín Estévez 1999), (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)



**FACHADA**
**HUMEDADES DE CONDENSACIÓN INTERSTICIAL Y/O SUPERFICIAL**

**Descripción** La humedad es la aparición incontrolada de agua en estado líquido en los elementos constructivos. La humedad de condensación es la que se genera como consecuencia de la condensación del vapor de agua en una superficie al alcanzar su temperatura de rocío.

Una fachada supone una barrera que dificulta el equilibrio de presión de vapor a ambos lados del cerramiento, en consecuencia se establece una corriente de vapor de agua que va desde el ambiente de mayor presión al de menor presión. El vapor al ir atravesando la fachada va perdiendo presión, y va cambiando de temperatura hasta que alcanza el otro lado o hasta que condensa sobre una superficie.

Si el vapor de agua condensa en la superficie del cerramiento, la humedad generada se denomina humedad de condensación superficial.

Si el vapor de agua condensa en una de las capas interiores de la fachada, la humedad generada se denomina humedad de condensación intersticial.



(Múñoz Hidalgo, Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación 2004)

**Síntomas** Los primeros síntomas son la aparición de humedades por goteo de agua y/o manchas generadas por este goteo perceptibles en el interior de la fachada. Si no se reparan, de forma secundaria puede generarse la formación de microorganismos.

**Causas más comunes**

- Excesiva producción de vapor en el interior del edificio.
- Ventilación insuficiente en el interior del edificio.
- Temperaturas interiores inferiores a 20°C.
- Insuficiente aislamiento térmico y/o inercia térmica del muro.
- Puentes térmicos.
- Canalizaciones empotradas y con paso continuado de agua fría.
- Impermeabilidad al paso de vapor de agua de alguna de las capas del cerramiento.

**Prevención en proyecto**

- Al diseñar la composición de la fachada se debe comprobar que las curvas de los gradientes de temperatura y de rocío no se crucen en ningún punto.
- Si es necesario colocar barrera de vapor, deberá estar hacia el interior. Deberá ser continua.
- Evitar puentes térmicos.
- Colocación del aislamiento térmico en el exterior del cerramiento pasando por delante de la estructura y siendo continuo en toda la superficie.
- Preparar la superficie interior de los cerramientos para la condensación sobre ellos.
- Prever la recogida de agua de condensación en las ventanas.
- Las cámaras de aire donde se pueda producir condensación deben estar ventiladas y disponer de un sistema de drenaje de agua que se produzca hacia el exterior.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	- Exposición a la radiación. - Impermeabilidad de la fábrica vista o del mortero de revestimiento.	- Tipo de mortero de revestimiento. - Condiciones de uso.
--	---	--

---

<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (Díaz Gómez 2002), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993), (Múñoz Hidalgo 2004), (Huete Fuertes, y otros 2005), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	
---------------------	---	--

---

**FACHADA**
**HUMEDADES DE FILTRACIÓN A TRAVÉS DEL PAÑO CIEGO O A TRAVÉS DE SUS JUNTAS**

**Descripción** La humedad es la aparición incontrolada de agua en estado líquido en los elementos constructivos. La humedad de filtración aparece como consecuencia del paso de agua desde el exterior al interior a través de intersticios macroscópicos de un modo directo, como por ejemplo, poros o fisuras.



(Rosa Roca 2012)

**Síntomas** En primer lugar los síntomas son la aparición de humedades y/o manchas perceptibles en el exterior o interior de la fachada, si no se reparan, de forma secundaria pueden aparecer eflorescencias, formación de microorganismos, y erosiones y desprendimientos del revestimiento.

- Causas más comunes**
- Revestimientos exteriores de mala calidad.
  - Falta de adherencia entre la fábrica y el mortero.
  - Fábricas excesivamente permeables, porosas y/o deterioradas.
  - Falta de espacio entre las dos hojas del muro.
  - Falta de ventilación y de evacuación de la cámara de aire del cerramiento.
  - Defectos del ladrillo cerámico, como por ejemplo, mal cocido.
  - Llagueado o rejuntado excesivamente permeable y/o deteriorado.
  - Material de protección o relleno de juntas inexistente, defectuoso o envejecido.
  - Rotura de red de saneamiento o conducción de aguas.
  - Gárgola sin goterón, de insuficiente sección, poca inclinación y/o poco vuelo.
  - Agua estancada en plataformas horizontales por atasco de punto de desagüe o por otros motivos que puedan facilitar la filtración de agua hacia el interior.
  - Albardilla insuficiente o inadecuada que puede producir filtración bien por los bordes, bien por las juntas entre piezas.
  - Inexistencia de mimbela en la cubierta.
  - Deterioro, inexistencia o mal funcionamiento de la impermeabilización de la cubierta en el encuentro con el muro.

**Prevención en proyecto** El Código Técnico de la Edificación, en su DB-HS 1, establece las condiciones generales que deben cumplir las fachadas para hacer frente a las posibles humedades de filtración. Lo hace fijando su grado de impermeabilidad mínimo en función de dos condicionantes climatológicos básicos, la pluviometría de la zona y el grado de exposición al viento. También en los subsiguientes capítulos aporta datos sobre los materiales y productos indicados, así como sobre su colocación y mantenimiento. Termina el estudio de fachadas con el apartado 2.3.3 "Condiciones de los puntos singulares".

Dado el nivel de definición que abarca el Código Técnico de la Edificación en la prevención de las humedades de filtración, se establece que la prevención frente a este tipo de humedades consiste en seguir las indicaciones de la norma en:

- Asegurar el grado de impermeabilidad exigido.
- Correcto diseño de los puntos singulares siguiendo las indicaciones de la norma, y prestando especial atención a la correcta disposición de láminas impermeables.
- Correcto diseño del recorrido de evacuación del agua de lluvia.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li><li>- Grado de exposición al viento.</li><li>- Resistencia al hielo/deshielo de las piezas cerámicas.</li><li>- Heladicidad de las piezas cerámicas.</li><li>- Impermeabilidad de la fábrica vista o del mortero de revestimiento.</li><li>- Tipo de mortero de revestimiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</li><li>- Grado de impermeabilidad de la fachada.</li><li>- Distancia entre juntas de movimiento verticales.</li><li>- Correcta disposición de láminas impermeables.</li><li>- Nivel de control en la ejecución.</li><li>- Accesibilidad de las instalaciones húmedas.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (López Sánchez, y otros 2003), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993), (González Valle, Cortés Bretón y Marín Estévez 1999), (Huete Fuertes, y otros 2005), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

**FACHADA**
**HUMEDADES POR FALTA DE ESTANQUEIDAD EN CARPINTERÍAS**

**Descripción** La humedad es la aparición incontrolada de agua en estado líquido en los elementos constructivos. La humedad por falta de estanquidad en carpinterías aparece como consecuencia del paso de agua desde el exterior al interior a través los huecos de puertas y ventanas.



(Múñoz Hidalgo, Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación 2004)

<b>Síntomas</b>	En primer lugar pueden aparecer humedades y/o machas alrededor de los huecos de puertas y ventanas. Si no se reparan, de forma secundaria puede generarse la formación de microorganismos.	
<b>Causas más comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioro del rejuntado de masilla de las carpinterías.</li> <li>- Ausencia de goterón o de junta vertical de drenaje encima del dintel.</li> <li>- Unión de la jamba con el vierteaguas mal resuelta.</li> <li>- Unión del cerco con la hoja de fachada mal resuelta.</li> <li>- Barrera impermeable dañada o inexistente.</li> <li>- Juntas practicables no estancas.</li> <li>- Lámina de aire frío proveniente del exterior a través de los cercos de los huecos o por los registros de persianas enrollables que genera humedades de condensación.</li> <li>- Deterioro de la madera que forma la carpintería y/o de su protección.</li> </ul>	
<b>Prevención en proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcta disposición de barreras impermeables.</li> <li>- Diseño de goterón en el dintel.</li> <li>- Diseño y colocación de alfeizar con inclinación mayor del 10% y con goterón.</li> </ul>	
<b>Factores que influyen en su durabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radiación y orientación.</li> <li>- Intensidad pluviométrica.</li> <li>- Grado de exposición al viento.</li> <li>- Condiciones previstas de puesta en obra.</li> <li>- Impermeabilidad de la fábrica.</li> <li>- Permeabilidad al agua del mortero de revestimiento.</li> <li>- Tipo de revestimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado de impermeabilidad de la fachada.</li> <li>- Correcta disposición de láminas impermeables.</li> <li>- Tratamiento de los puntos singulares.</li> <li>- Nivel de control de ejecución.</li> <li>- Condiciones de uso.</li> <li>- Nivel de mantenimiento.</li> </ul>

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li><li>- Grado de exposición al viento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</li><li>- Correcta disposición de láminas impermeables.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993), (de Cusa 1991), (González Valle, Cortés Bretón y Marín Estévez 1999), (Hueté Fuertes, y otros 2005), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

**FACHADA**
**OXIDACIÓN Y/O CORROSIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS**

**Descripción** Los procesos de oxidación y corrosión conllevan la transformación molecular y la pérdida de material en la superficie de los metales. En general se agrupan las dos acciones por ser simultáneas y/o sucesivas. La oxidación consiste en la transformación en óxido de la superficie de los metales en contacto con el oxígeno.

La corrosión consiste en la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal como consecuencia de la aparición de una pila electroquímica, en presencia de un electrolito, en la que el metal en cuestión actúa de ánodo, perdiendo electrones a favor del polo positivo (cátodo), electrones que acaban deshaciendo moléculas, lo que se materializa en la pérdida del material.



(García Olmos 2012)

**Síntomas** Oxidación y/o corrosión de la superficie de los elementos metálicos vistos. En el caso de que los elementos metálicos estén revestidos, el síntoma serán manchas de óxido en la protección del elemento metálico.

- Causas más comunes**
- Falta de protección en metales de fácil oxidación como es el hierro.
  - Corrosión por pila electroquímica en presencia de un electrolito en solución debido a la presencia de polvo y/o suciedad y con un determinado grado de humedad en el aire sumado a una pérdida de protección del elemento.
  - Par galvánico por la proximidad de dos metales diferentes.
  - Aireación diferencial que facilita la formación de un par electrolítico al aparecer zonas con humedad continuada, adyacentes a otras más fáciles de secarse, sumado a la pérdida o inexistencia de protección.
  - Corrosión por inmersión debido a la aparición de hidróxido que se disuelve en función del pH del agua, perdiéndose material.

- Prevención en proyecto**
- Utilización de metales o aleaciones metálicas resistentes a la corrosión en el medio correspondiente.
  - Protecciones antioxidantes y anticorrosivas de los elementos metálicos. Aunque su materialización se lleva a cabo durante la ejecución, sin embargo su descripción debe contenerse en el proyecto.
  - Empleo de soluciones constructivas que impidan, en lo posible, la formación de pilas de corrosión, evitando la acumulación de humedad en superficies horizontales, recovecos, etc.

- Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión**
- Contaminación atmosférica.
  - Intensidad pluviométrica.
  - Impermeabilidad del ladrillo.
  - Resistencia a la oxidación de elementos metálicos.
  - Permeabilidad al agua del mortero de revestimiento.
  - Correcta disposición de láminas impermeables.
  - Tratamiento de los puntos singulares.
  - Nivel de control de ejecución.
  - Incorporación de mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.
  - Nivel de mantenimiento.

---

<b>Factores que influyen en su durabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contaminación atmosférica.</li><li>- Frecuencia de exposición al agua de lluvia.</li><li>- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Accesibilidad de las instalaciones húmedas.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Monjo Carrió 2007), (Departamento de construcción de la ETSAV 1987), (García Olmos 2012), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

## CUBIERTA

### COLAPSO OCASIONADO POR SOBRECARGAS

**Descripción** Derrumbe total o parcial del elemento de cubierta.



Fotografía de Ernesto Ayala

<b>Síntomas</b>	Grietas en el elemento y deformaciones excesivas.	
<b>Causas más comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de las sobrecargas por reparaciones sucesivas, superponiendo diferentes solados uno encima de otro.</li> <li>- Almacenamiento de materiales sobre la cubierta o instalación de elementos (balsas, piscinas, maceteros, etc.) que superen la sobrecarga de uso máxima admisible.</li> <li>- Acumulación de nieve no prevista en el cálculo estructural.</li> <li>- Agua estancada por atasco de punto de desagüe o por otros motivos que provocan la superación de la sobrecarga de uso máxima.</li> <li>- Excesiva aglomeración de personas en cubiertas consideradas como no transitables.</li> <li>- Corriente de viento que supere la sobrecarga considerada en el cálculo.</li> </ul>	
<b>Prevención en proyecto</b>	- Instrucciones de uso y mantenimiento que contengan advertencias en relación a las posibles sobrecargas de uso.	
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición al viento.</li> <li>- Probabilidad de lluvias.</li> <li>- Intensidad pluviométrica.</li> <li>- Probabilidad de acumulación de nieve.</li> <li>- Forma de la cubierta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pendiente de la cubierta.</li> <li>- Condiciones de uso.</li> <li>- Nivel de profundización del plan de mantenimiento.</li> </ul>

**CUBIERTA**

**DEFORMACIONES DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL SOPORTE**

**Descripción** Las deformaciones en los elementos horizontales de cubierta se denominan flecha, y son consecuencia de la relación de la rigidez del forjado con las cargas actuantes que pueden provocar deformaciones inadmisibles.



<b>Síntomas</b>	Fisuras, grietas y/o embalsamiento de agua.	
<b>Causas más comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotura, desplazamientos y/o asentamientos de los cimientos.</li> <li>- Asientos del edificio.</li> <li>- Movimientos estructurales no previstos.</li> <li>- Reparto defectuoso de las cargas o cargas no previstas.</li> </ul>	
<b>Prevención en proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar un estudio geotécnico adecuado a las circunstancias del edificio.</li> <li>- Limitar la flecha absoluta (no sólo la relativa).</li> </ul>	
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de lluvias.</li> <li>- Intensidad pluviométrica.</li> <li>- Probabilidad de acumulación de nieve.</li> <li>- Forma de la cubierta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de calidad en la ejecución de las obras.</li> <li>- Condiciones de uso.</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>	(Broto 2006), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

## CUBIERTA

### DEGRADACIÓN O DESPRENDIMIENTO DE LA PROTECCIÓN PESADA EN CUBIERTAS PLANAS

**Descripción** La degradación de la protección pesada en cubiertas planas consiste en la pérdida de su función protectora debido a la rotura de las piezas que lo componen, fisuras o grietas en las mismas, una excesiva erosión, aumento de la fragilidad... El desprendimiento del material de protección de cubiertas planas consiste en la separación de las piezas del soporte resistente.



Fotografía de Begoña Serrano Lanzarote

**Síntomas** La degradación de la protección pesada en ocasiones puede comenzar con una ligera decoloración, una superficie áspera o hendiduras en el material. En un siguiente estadio aparecen fisuras y por último las piezas se rompen dejando de cumplir su función. El desprendimiento se produce cuando podemos separar con la mano la pieza del soporte.

- Causas más comunes**
- Fisuras, roturas y/o desprendimientos de la protección por esfuerzo rasante provocado por contracción-dilatación de las piezas. La separación se suele producir entre baldosa y mortero, por ser una unión mecánicamente más débil. Esto es debido a la insuficiencia de juntas.
  - Fisuras y/o roturas de la protección por omisión de las juntas de cubiorta en los puntos de encuentro entre las diferentes pendientes de la cubiorta. La lesión se acostumbra a realizar en los dos lados del encuentro, figurando y levantando las piezas a lo largo de la unión.
  - Fisuras, roturas y/o desprendimientos de la protección debido a que el soporte, bien por discontinuidad, bien por rotura, bien por flecha, introduce esfuerzos de tracción o cortantes.
  - Desprendimiento por dilatación de elementos infiltrados, sobre todo sulfatos arrastrados por el agua, que afectan a la unión mortero-baldosa, levantando esta, o agua que hiela.
  - Retracción del mortero que subyace debajo por mala dosificación.
  - Erosión producida por agentes meteorológicos, sobretodo lluvia.
  - Erosión producida por el uso.
  - Contaminantes de la atmósfera que puedan atacar a los componentes mineralógicos de esos pavimentos.
  - Acción biológica.
  - Impacto.

---

<b>Prevención en proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Introducir las juntas de retracción que el cálculo indique, combinadas con la modulación y diseño del pavimento.</li><li>- Limitar el valor absoluto de las flechas de los forjados que vayan a recibir estos acabados a 5mm.</li><li>- Evitar filtraciones de agua.</li><li>- Utilizar piezas no heladizas.</li><li>- Adecuar el tipo de protección al uso que se vaya a hacer de la cubierta.</li><li>- Cuidar la composición del mortero de agarre, por ejemplo, utilizando morteros industrializados.</li></ul>
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contaminación atmosférica.</li><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Severidad climática.</li><li>- Probabilidad de lluvias.</li><li>- Intensidad pluviométrica.</li><li>- Tipo de protección.</li><li>- Tipo de material de agarre.</li><li>- Definición de detalles constructivos.</li><li>- Color de la protección.</li><li>- Nivel de control en la ejecución de las obras.</li><li>- Condiciones de uso.</li><li>- Accesibilidad para el mantenimiento.</li><li>- Nivel de profundización del plan de mantenimiento.</li><li>- Nivel de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Trujillo 2002), (Colegio oficial de arquitectos de cataluña 1980), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)

---

## CUBIERTA

### DESPRENDIMIENTO DE ALBARDILLAS EN CUBIERTAS PLANAS

**Descripción** Desprendimiento de las piezas que rematan el peto de cubierta, conocidas como albardilla.



**Síntomas** En primer lugar se produce una falta de ligazón entre la albardilla y el peto de cubierta que se puede traducir en un desprendimiento de las piezas bien hacia el interior de la cubierta o bien hacia la calzada, suponiendo un riesgo para los transeúntes.

**Causas más comunes**

- Esfuerzo rasante provocado por contracción-dilatación de las piezas. Esta lesión se suele deber a la insuficiencia de juntas.
- El peto de cubierta introduce esfuerzos de tracción o cortantes.
- Desprendimiento por dilatación de elementos infiltrados, sobre todo sulfatos arrastrados por el agua o agua que hiela.
- Retracción del mortero que subyace debajo por mala dosificación.
- Acción biológica que puede producir el levantamiento de las piezas por ejemplo por crecimiento de plantas en las juntas y bajo las piezas.
- Impacto.

**Prevención en proyecto**

- Introducir las juntas de retracción que el cálculo indique.
- Evitar filtraciones de agua asegurando la correcta unión entre piezas.
- Utilizar piezas no heladizas.
- Adecuar el material de la albardilla a las condiciones de exposición exteriores.
- Cuidar la composición del mortero de agarre, por ejemplo, utilizando morteros industrializados.

**Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión**

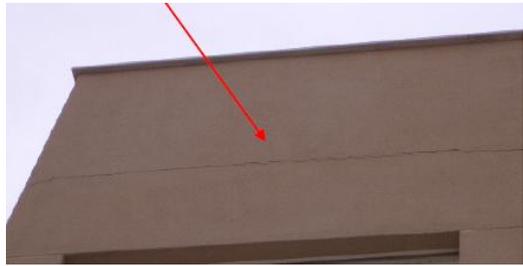
- Exposición a la radiación.
- Severidad climática.
- Exposición al viento.
- Probabilidad de lluvias.
- Intensidad pluviométrica.
- Definición de detalles constructivos.
- Sistema constructivo del peto de cubierta.
- Nivel de control en la ejecución de las obras.
- Condiciones de uso.
- Accesibilidad para el mantenimiento.
- Nivel de mantenimiento.

**Bibliografía** (Monjo Carrió 2010), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993)

**CUBIERTA**

**FISURAS EN ANTEPECHOS**

**Descripción** Fisuras horizontales o verticales en el antepecho de cubierta.



(Rosa Roca 2012)

<b>Síntomas</b>	Fisuras horizontales o verticales en el antepecho de cubierta. Se pueden presentar a la vez humedades en la planta inmediatamente inferior.	
<b>Causas más comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empuje del tablero de cubierta por falta de junta perimetral, debido a movimientos higrotérmicos que provocan una dilatación y posterior contracción de las unidades constructivas de la cubierta, en función de sus coeficientes de dilatación potencial y de su técnica constructiva.</li> <li>- Ausencia de juntas de dilatación en el antepecho. Al contraerse, después de una dilatación, suele abrirse verticalmente en zonas intermedias o en puntos más débiles, sobre todo en las orientaciones este y oeste.</li> <li>- Fuerte retracción hidráulica del mortero de agarre en época calurosa por alta dosificación de cemento, por ser dicho mortero fluido.</li> </ul>	
<b>Prevención en proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para evitar los empujes de los elementos que conforman la azotea en los petos de la misma se debe introducir una junta en todo el contorno de la misma de manera que absorba los movimientos.</li> <li>- Para evitar la fisuración por dilatación/contracción del peto se debe ejecutar con dos hojas de medio pie con cámara intermedia.</li> <li>- Para reducir las fisuras de origen térmico se pueden colocar en el peto barras horizontales de diámetro 6mm entre los ladrillos cada 3 o 4 hiladas.</li> <li>- Uso de morteros industriales para asegurar una correcta dosificación.</li> </ul>	
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición a la radiación.</li> <li>- Severidad climática.</li> <li>- Condiciones previstas de puesta en obra.</li> <li>- Definición de detalles constructivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema constructivo del peto de cubierta.</li> <li>- Nivel de control en la ejecución de las obras.</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>	(Trujillo 2002), (Colegio oficial de arquitectos de cataluña 1980), (Múñoz Hidalgo 2009), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

## CUBIERTA

### FISURAS Y/O GRIETAS

**Descripción** Grietas: aquellas aberturas incontroladas que afectan a todo el espesor del elemento  
Fisuras: aquellas aberturas que afectan a la superficie del elemento o a su acabado.



**Síntomas** En primer lugar se observarán fisuras, y en algunos casos las fisuras pueden derivar en grietas.

**Causas más comunes**

Causas de origen mecánico:

- Rotura, desplazamientos y/o asentamientos de los cimientos.
- Asientos del edificio.
- Movimientos estructurales no previstos.
- Flechas excesivas.
- Reparto defectuoso de las cargas o cargas no previstas.
- Fisuras lineales a lo largo de las viguetas, marcando la separación entre éstas y las bovedillas por simple separación constructiva.
- Omisión de las juntas de cubierta en los puntos de encuentro entre las diferentes pendientes de la cubierta.
- Impacto.
- Deficiencias de la ejecución.

Causas de origen higrotérmico:

- Dilataciones y contracciones principalmente de origen higrotérmico, coartadas por la falta de juntas de dilatación tanto de la estructura, como de la cubierta y la protección.
- Acción expansiva del agua al congelarse.

Causas de origen químico:

- Corrosión de las armaduras de tracción.
- Oxidación de los elementos metálicos auxiliares.
- Deficiencias de los materiales.

Causas de origen biológico:

- Crecimiento de plantas.

**Prevención en proyecto**

- Realizar un geotécnico adecuado a las circunstancias del edificio.
- Limitar la flecha absoluta (no sólo la relativa).
- Correcto diseño y ejecución de las juntas de dilatación.
- Evitar puentes térmicos.
- Correcto diseño del recorrido de evacuación del agua de lluvia.
- Correcta protección de los elementos auxiliares metálicos contra la oxidación y corrosión.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Severidad climática.</li><li>- Probabilidad de acumulación de nieve.</li><li>- Condiciones previstas de puesta en obra.</li><li>- Tipo de protección.</li><li>- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos.</li><li>- Forma de la cubierta.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Definición de detalles constructivos.</li><li>- Sistema constructivo del peto de cubierta.</li><li>- Color de la protección.</li><li>- Nivel de control en la ejecución de las obras.</li><li>- Condiciones de uso.</li><li>- Nivel de profundización del plan de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Trujillo 2002), (Colegio oficial de arquitectos de cataluña 1980), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

## CUBIERTA

### HUMEDADES POR CONDENSACI3N

**Descripci3n** La humedad es la aparici3n incontrolada de agua en estado l3quido en los elementos constructivos. La humedad de condensaci3n es la que se genera como consecuencia de la condensaci3n del vapor de agua en una superficie al alcanzar su temperatura de roc3o.

Una cubierta supone una barrera que dificulta el equilibrio de presi3n de vapor a ambos lados del cerramiento, en consecuencia se establece una corriente de vapor de agua que va desde el ambiente de mayor presi3n al de menor presi3n. El vapor al ir atravesando la cubierta va perdiendo presi3n, y va cambiando de temperatura hasta que alcanza el otro lado o hasta que condensa sobre una superficie.

Si el vapor de agua condensa en la superficie del cerramiento, la humedad generada se denomina humedad de condensaci3n superficial.

Si el vapor de agua condensa en una de las capas interiores de la cubierta, la humedad generada se denomina humedad de condensaci3n intersticial.



Fotograf3a de Carlos Salazar

**S3ntomas** Los primeros s3ntomas son la aparici3n de humedades por goteo de agua y/o manchas generadas por este goteo perceptibles en el techo del espacio bajo cubierta. Si no se reparan, de forma secundaria puede generarse la formaci3n de microorganismos.

**Causas m3s comunes**

- Excesiva producci3n de vapor en el interior del edificio.
- Ventilaci3n insuficiente en el interior del edificio.
- Temperaturas interiores inferiores a 20°C en el interior del edificio.
- Insuficiente aislamiento t3rmico y/o inercia t3rmica del muro.
- Puentes t3rmicos.
- Canalizaciones empotradas y con paso continuado de agua fr3a.
- Impermeabilidad al paso de vapor de agua de alguna de las capas del cerramiento.

**Prevenci3n en proyecto**

- Al dise1ar la composici3n de la cubierta se debe comprobar que las curvas de los gradientes de temperatura y de roc3o no se crucen en ning3n punto.
- Si es necesario colocar barrera de vapor, deber3 estar hacia el interior y deber3 ser continua.
- Evitar puentes t3rmicos.
- Colocaci3n del aislamiento t3rmico en el exterior del cerramiento pasando por delante de la estructura y siendo continuo en toda la superficie.
- Preparar la superficie interior de los cerramientos para la condensaci3n sobre ellos.
- Las c3maras de aire donde se pueda producir condensaci3n deben estar ventiladas y disponer de un sistema de drenaje de agua que se produzca hacia el exterior.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	- Tipo de protección. - Tipo de aislante.	- Condiciones de uso.
--	--	-----------------------

---

<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Múñoz Hidalgo 2004), (Trujillo 2002), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)
---------------------	---

---

## CUBIERTA

### HUMEDADES POR FILTRACIÓN DE AGUA

**Descripción** La humedad es la aparición incontrolada de agua en estado líquido en los elementos constructivos. La humedad de filtración aparece como consecuencia del paso de agua desde el exterior al interior a través de intersticios macroscópicos de un modo directo, como por ejemplo, poros o fisuras.



(Múñoz Hidalgo 2004)

**Síntomas** En primer lugar los síntomas son la aparición de humedades, goteras y/o manchas perceptibles en el espacio bajo cubierta, si no se reparan, de forma secundaria puede aparecer la formación de microorganismos.

- Causas más comunes**
- Inexistencia de membrana impermeable sumado a una falta de pendiente.
  - Deficiencias en la ejecución de la lámina impermeable.
  - La entrada de agua se produce a través de una fisura y una vez en el interior del cerramiento, atraviesa la lámina impermeable dañada debido a un punzonamiento, a un punto de unión entre láminas mal resuelto, a un punto singular mal ejecutado o deteriorado o al envejecimiento de la membrana.
  - La entrada de agua se produce debido a materiales de protección o rellenos de juntas defectuosos o envejecidos, y atraviesa la lámina impermeable dañada.
  - Rotura de la lámina impermeable por anclaje de nuevos elementos como barandillas o antenas o por oxidación de los anclajes existentes.
  - Agua estancada por atasco de punto de desagüe o por otros motivos que provocan la acumulación de agua rebasando el nivel del borde superior de la membrana.
  - Deterioro, inexistencia o mal funcionamiento de la impermeabilización en el encuentro con el muro.
  - Inexistencia de mimbel o mala ejecución del mismo.
  - Deterioro y/o rotura de la impermeabilización en el encuentro con los sumideros.
  - Filtración a través de los accesos a la cubierta, debido a la corrosión de la carpintería metálica o a la pudrición de la madera de la puerta de entrada.
  - Interacciones físicas o químicas entre el material de la membrana y el esto de materiales (incompatibilidades).
  - Permeabilidad de los materiales que componen la fábrica de los muros de remate expuestos a la lluvia o al mal funcionamiento de la albardilla.

<b>Prevención en proyecto</b>	<p>El Código Técnico de la Edificación, en el apartado 4.2 “Cubiertas” del DB-HS 1, establece las características físicas, químicas y geométricas de los materiales y productos a utilizar en las soluciones más convencionales de cubiertas planas para asegurar un correcto funcionamiento. Asimismo, en el apartado 2.4.4 “Condiciones de los puntos singulares” analiza alguno de los puntos singulares y trata de resolverlos para los casos más convencionales. Todo ello además de las indicaciones sobre los productos, su colocación y su mantenimiento que aparecen en los capítulos subsiguientes. Por último, en el apartado 4.2 “Dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales” del DB-HS 5, se establecen las dimensiones de canalones y bajantes de todo tipo de cubiertas, en sus apartados 4.2.2 “Canalones” y 4.2.3 “Bajantes de aguas pluviales”. En cualquier caso, debemos asegurar la impermeabilidad y drenaje de las cubiertas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto diseño de los puntos singulares siguiendo las indicaciones de la norma, y prestando especial atención a la correcta disposición de láminas impermeables.</li> <li>- Correcto diseño del recorrido de evacuación del agua de lluvia.</li> <li>- Continuidad de la membrana impermeable.</li> <li>- Selección correcta del tipo de membrana, en función del soporte, el clima y el nivel de exposición.</li> <li>- Introducción de juntas de dilatación en el tablero soporte y la membrana en función del material y la zona climática.</li> <li>- Solape suficiente de los bordes verticales y su protección para evitar filtraciones.</li> <li>- Diseño y ejecución de mimbel perimetral para marcar la independencia de la membrana con el peto y paramentos verticales en general.</li> <li>- Protección adecuada de la membrana impermeable.</li> <li>- Solución adecuada de sumideros y número suficiente de los mismos.</li> <li>- Impermeabilizar los materiales que componen la fábrica de los muros de remate expuestos a lluvia, bien con protección a base de mortero, bien con imprimación hidrofugante, o con la superposición de elementos impermeables.</li> <li>- Mantenimiento periódico, incluyendo limpieza.</li> </ul>
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de lluvias.</li> <li>- Intensidad pluviométrica.</li> <li>- Tipo de protección.</li> <li>- Tipo de material de agarre.</li> <li>- Tipo de sellante de las juntas.</li> <li>- Tipo de capa separadora.</li> <li>- Tipo de impermeabilización.</li> <li>- Forma de la cubierta.</li> <li>- Pendiente de la cubierta.</li> <li>-</li> <li>-</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de detalles constructivos.</li> <li>- Sistema de fijación de la impermeabilización.</li> <li>- Nivel de control en la ejecución de las obras.</li> <li>- Condiciones de uso.</li> <li>- Accesibilidad de las instalaciones húmedas.</li> <li>- Accesibilidad para el mantenimiento.</li> <li>- Nivel de profundización del plan de mantenimiento.</li> <li>- Nivel de mantenimiento.</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>	<p>(Monjo Carrió 2010), (Trujillo 2002) , (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993), (Rex Lario 2012), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)</p>

**CUBIERTA**
**DESPRENDIMIENTO DE ELEMENTOS ANCLADOS**

**Descripción** Separación incontrolada de un elemento anclado al soporte, separación que puede ser sólo incipiente, manifestándose por simple fisuras, o puede ser definitiva, desprendiéndose el elemento parcial o totalmente.



Fotografía de Herías and Méndez

<b>Síntomas</b>	Fisuras en el soporte, deformación del elemento anclado o desprendimiento parcial o total del elemento.	
<b>Causas más comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dilataciones y contracciones higrótérmicas del elemento anclado.</li> <li>- Corrosión de los anclajes.</li> <li>- Movimientos diferenciales entre el soporte y el elemento anclado.</li> <li>- Error de fijación: anclaje no realizado a la hoja sólida del cerramiento o fallo del mortero de adherencia.</li> </ul>	
<b>Prevención en proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcta protección de anclajes contra la oxidación y corrosión.</li> <li>- Correcto diseño del anclaje del elemento permitiendo al elemento dilataciones y contracciones higrótérmicas.</li> </ul>	
<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación atmosférica.</li> <li>- Exposición a la radiación.</li> <li>- Severidad climática.</li> <li>- Exposición al viento.</li> <li>- Probabilidad de lluvias.</li> <li>- Intensidad pluviométrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos.</li> <li>- Definición de detalles constructivos.</li> <li>- Accesibilidad para el mantenimiento.</li> <li>- Nivel de mantenimiento.</li> </ul>
<b>Bibliografía</b>	(Monjo Carrió 2010), (Colegio oficial de arquitectos de cataluña 1980), (de Cusa 1991)	



**CUBIERTA**
**ROTURA, DETERIORO Y/O DESPLAZAMIENTO DE LA CAPA DE IMPERMEABILIZACIÓN**

**Descripción** Rotura, deterioro y/o desplazamiento de la capa de impermeabilización.  
En membranas sintéticas, el deterioro se manifiesta como cuarteado, pequeñas fisuras y/o pérdida de masa. En lámina bituminosas el deterioro se manifiesta como cuarteado.



(Rex Lario 2012)

**Síntomas** Humedades por filtración de agua en el interior del edificio.

- Causas más comunes**
- Sistema de impermeabilización inadecuado.
  - Exposición de membranas no preparadas a tal efecto a la intemperie y a los rayos U.V.
  - Evaporación de la humedad contenida dentro de los materiales que conforman el sistema o procedente del interior del edificio, originando abombamientos en la impermeabilización que pueden acabar en rotura. Puede ser debido a la falta de barrera de vapor.
  - Perforación de la impermeabilización por incorporación de elementos nuevos en la cubierta como barandillas o instalaciones de comunicación.
  - Las impermeabilizaciones in situ con polímeros sintéticos en dispersión acuosa pueden disolverse en entornos con lluvias continuas, y en cubiertas de poca o nula pendiente, por la acumulación de agua.
  - En cubiertas de canto rodado un incorrecto mantenimiento puede derivar en el crecimiento de plantas que perforen la lámina.
  - El exceso de pendiente puede provocar el desplazamiento de canto rodado dejando la lámina a la intemperie, o que una lámina flotante se deslice.
  - Incompatibilidad de los componentes, como por ejemplo láminas impermeables de PVC en contacto directo con poliuretano o poliestireno.
  - Deformaciones o movimientos en el soporte de la impermeabilización.
  - Deficiencias de la ejecución de la membrana impermeable, por ejemplo, solapes deficientes.

- Prevención en proyecto**
- Selección correcta del tipo de membrana, en función del soporte, el clima y el nivel de exposición.
  - Protección adecuada de la membrana impermeable.
  - Utilizar, siempre que sea posible, sistemas de fijación de la impermeabilización no adheridos o flotantes, con protección pesada.
  - Al diseñar la composición de la cubierta se debe comprobar que las curvas de los gradientes de temperatura y de rocío no se crucen en ningún punto.
  - Correcto diseño de los puntos singulares siguiendo las indicaciones de la normativa, y prestando especial atención a la correcta disposición de láminas impermeables.
  - Introducción de juntas de dilatación en el tablero soporte y la membrana en función del material y la zona climática.

---

<b>Factores que influyen en la aparición y/o avance de la lesión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contaminación atmosférica.</li><li>- Exposición a la radiación.</li><li>- Severidad climática.</li><li>- Exposición al viento.</li><li>- Probabilidad de lluvias.</li><li>- Intensidad pluviométrica.</li><li>- Condiciones previstas de puesta en obra.</li><li>- Tipo de protección.</li><li>- Tipo de capa separadora.</li><li>- Tipo de aislante.</li><li>- Tipo de impermeabilización.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Forma de la cubierta.</li><li>- Pendiente de la cubierta.</li><li>- Cantidad de canto rodado.</li><li>- Definición de detalles constructivos.</li><li>- Sistema de fijación de la impermeabilización.</li><li>- Nivel de control en la ejecución.</li><li>- Condiciones de uso.</li><li>- Accesibilidad para el mantenimiento.</li><li>- Nivel de profundización del plan de mantenimiento.</li></ul>
<b>Bibliografía</b>	(Trujillo 2002), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993), (de Cusa 1991), (García-Prieto Ruíz y Serrano Lanzarote 2011)	

---

### 5.4.2 Análisis de los factores propuestos por los expertos consultados

En el cuestionario que se remitió a los expertos utilizando el método Delphi para establecer las lesiones más frecuentes se incluyeron también cuatro cuestiones en relación a los factores que afectan a la durabilidad de fachadas y cubiertas. Tras el análisis de los resultados obtenidos a continuación se exponen los factores que se ha considerado se podrían incluir en el método de los factores:

#### **Fachada**

Agentes climatológicos

Calidad de los materiales

Contaminación ambiental

Correcto diseño de detalles constructivos evitando puentes térmicos

Correcto diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Correcto diseño del sistema de evacuación de agua

Impermeabilidad del sistema

Localización del inmueble (zona geográfica, situación de exposición, orientación...)

Nivel de control en la ejecución de las obras

Realización y seguimiento de un plan de mantenimiento

#### **Cubierta**

Agentes climatológicos

Calidad de los materiales

Correcto diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Correcto diseño del sistema de evacuación de agua

Impermeabilidad del sistema

Localización del inmueble (zona geográfica, situación de exposición, orientación...)

Nivel de control en la ejecución de las obras

Realización y seguimiento de un plan de mantenimiento

Realización y seguimiento de un plan de mantenimiento

Uso

### 5.4.3 Propuesta de factores

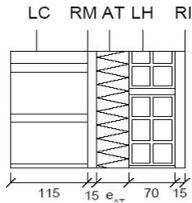
Tras el análisis de los factores que influyen en la aparición de las diferentes lesiones y de los factores que han propuesto los expertos que han colaborado en el método Delphi se efectúa a continuación una propuesta de factores.

Los factores que a continuación se exponen se han organizado con la misma organización que propone la ISO 15686-1 (ISO 2000), pero, tal como propone la propia norma, cada uno de ellos se ha subdividido a su vez en otros factores. Asimismo se ha alterado el orden de los factores considerando en primer lugar el factor E “Condiciones de exposición exterior” por considerarse que de esta forma el orden de los factores adquiere una lógica en relación al proceso de diseño de un edificio.

La elección de los factores a considerar se ha efectuado siguiendo las siguientes premisas:

- Aquellas condiciones que se deben cumplir por normativa obligatoria se entiende se cumplen y por lo tanto no se han considerado.
- El método pretende ser ágil y sencillo de aplicar, por lo que toda la información que se requiera conocer de cara a cumplimentar el método deberá ser sencilla de obtener por el técnico.

## FACHADA DE FÁBRICA CERÁMICA CARA VISTA



LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo)

RM: Revestimiento intermedio

AT: Aislante no hidrófilo

LH: Fábrica de ladrillo hueco

RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado.

### FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIOR

E.1 Clase de ambiente: contaminación atmosférica

E.2 Exposición a la radiación

E.3 Frecuencia de exposición al agua de lluvia

E.4 Grado de exposición al viento

### FACTOR A: CALIDAD DE LOS COMPONENTES

A.1 Resistencia al hielo/deshielo de las piezas cerámicas

A.2 Impermeabilidad de la fábrica

A.3 Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas

A.4 Eflorescibilidad de las piezas cerámicas

A.5 Uso de morteros industriales

A.6 Clase de mortero de albañilería (no aplicable para morteros ligeros o de junta delgada)

A.7 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos

### FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO

B.1 Grado de impermeabilidad de la fachada

B.2 Correcta disposición de láminas impermeables

B.3 Distancia entre juntas de movimiento verticales

B.4 Rigidización transversal de los paños de fachada

B.5 Situación de la hoja exterior de ladrillo

B.6 Color de la fábrica

### FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

C.1 Nivel de control en la ejecución

C.2 Uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica

### FACTOR F: CONDICIONES DE USO

F.1 Exposición de la fachada a acciones vandálicas

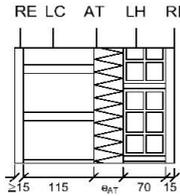
### FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO

G1: Accesibilidad de las instalaciones húmedas

G2: Incorporación de mecanismos para la limpieza de la fachada

G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento

**FACHADAS CON REVESTIMIENTO CONTINUO**



- RE: Revestimiento exterior continuo
- LC: Fábrica de ladrillo cerámico
- AT: Aislante no hidrófilo
- LH: Fábrica de ladrillo hueco
- RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado

**FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIOR**

- E.1 Clase de ambiente: contaminación atmosférica
- E.2 Exposición a la radiación
- E.3 Frecuencia de exposición al agua de lluvia
- E.4 Grado de exposición al viento
- E.5 Condiciones previstas de puesta en obra

**FACTOR A: CALIDAD DE LOS COMPONENTES**

- A.1 Heladicidad de las piezas cerámicas
- A.2 Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas
- A.3 Uso de morteros industriales
- A.4 Clase del mortero de juntas
- A.5 Permeabilidad al agua del mortero de revestimiento
- A.6 Tipo de mortero de revestimiento
- A.7 Tipo de revestimiento
- A.8 Tipo de acabado del revestimiento
- A.9 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos

**FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO**

- B.1 Grado de impermeabilidad de la fachada
- B.2 Correcta disposición de láminas impermeables
- B.3 Distancia entre juntas de movimiento verticales
- B.4 Rigidización transversal de los paños de fachada
- B.5 Tratamiento de los puntos singulares
- B.6 Color del revestimiento
- B.7 Protección frente a impacto

**FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

- C.1 Nivel de control en la ejecución
- C.2 Uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento
- C.2 Uso de aditivos aireantes en el mortero de revestimiento

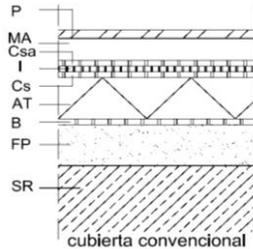
**FACTOR F: CONDICIONES DE USO**

- F.1 Exposición de la fachada a acciones vandálicas

**FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO**

- G1: Accesibilidad de las instalaciones húmedas
- G2: Incorporación de mecanismos para la limpieza de la fachada
- G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento

## CUBIERTA CONVENCIONAL CON PROTECCIÓN PESADA



- P Capa de protección. Solado fijo  
 MA Material de agarre o nivelación (mortero, lecho de arena...etc)  
 Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.  
 I Capa de impermeabilización  
 AT Aislante  
 B Barrera contra el vapor  
 FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros  
 SR Soporte resistente

### FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIOR

- E.1 Clase de ambiente: contaminación atmosférica  
 E.2 Exposición a la radiación  
 E.3 Severidad climática  
 E.4 Exposición al viento  
 E.5 Probabilidad de lluvias  
 E.6 Intensidad pluviométrica  
 E.7 Probabilidad de acumulación de nieve  
 E.8 Condiciones previstas de puesta en obra

### FACTOR A: CALIDAD DE LOS COMPONENTES

- A.1 Tipo de protección  
 A.2 Tipo de material de agarre  
 A.3 Tipo de sellante de las juntas  
 A.4 Tipo de capa separadora  
 A.5 Tipo de aislante  
 A.6 Tipo de impermeabilización  
 A.7 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos

### FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO

- B.1 Forma de la cubierta  
 B.2 Pendiente de la cubierta  
 B.3 Definición de los detalles constructivos  
 B.4 Sistema de fijación de la impermeabilización  
 B.5 Sistema constructivo del peto de cubierta  
 B.6 Color de la protección

### FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

- C.1 Nivel de control en la ejecución de las obras

### FACTOR D: CONDICIONES INTERIORES

- D.1 Clase higrométrica

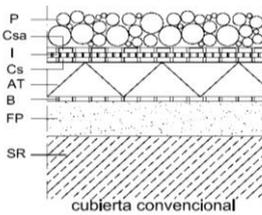
### FACTOR F: CONDICIONES DE USO

- F.1 Condiciones de acceso a la cubierta

### FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO

- G1. Accesibilidad de las instalaciones húmedas  
 G.2 Accesibilidad para el mantenimiento  
 G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento

**CUBIERTA CON PROTECCIÓN DE GRAVA**



- P Capa de protección de grava
- Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.
- I Capa de impermeabilización
- Cs Capa separadora
- AT Aislante
- B Barrera contra el vapor
- FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros
- SR Soporte resistente

**FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIOR**

- E.1 Clase de ambiente: contaminación atmosférica
- E.2 Exposición a la radiación
- E.3 Severidad climática
- E.4 Exposición al viento
- E.5 Probabilidad de lluvias
- E.6 Intensidad pluviométrica
- E.7 Probabilidad de acumulación de nieve
- E.8 Condiciones previstas de puesta en obra

**FACTOR A: CALIDAD DE LOS COMPONENTES**

- A.1 Tipo de protección
- A.2 Tipo de sellante de las juntas
- A.3 Tipo de capa separadora
- A.4 Tipo de aislante
- A.5 Tipo de impermeabilización
- A.6 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos

**FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO**

- B.1 Forma de la cubierta
- B.2 Cantidad de canto rodado
- B.3 Definición de los detalles constructivos
- B.4 Sistema de fijación de la impermeabilización
- B.5 Sistema constructivo del peto de cubierta

**FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

- C.1 Nivel de control en la ejecución de las obras

**FACTOR D: CONDICIONES INTERIORES**

- D.1 Clase higrométrica

**FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO**

- G1. Accesibilidad de las instalaciones húmedas
- G.2 Accesibilidad para el mantenimiento
- G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento

## 5.5 Propuesta de método para la predicción de la vida útil de los sistemas constructivos considerados

Tal como se ha explicado en capítulos anteriores, el método de los factores utiliza un enfoque determinista permitiendo determinar la vida útil de un sistema constructivo sujeto a unas condiciones específicas basándose en una vida útil de referencia y modificándola mediante unos factores relativos a las condiciones específicas de cada caso.

Tras el haber establecido los factores que deberá incluir el método, se ha procedido a elaborar una propuesta de método para cada uno de los sistemas constructivos considerados que se presenta en los apartados siguientes.

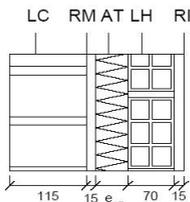
### 5.5.1 Ámbito de aplicación del método propuesto

#### Sistemas constructivos considerados

Tal como se ha expuesto en capítulos anteriores, en el desarrollo de la investigación, se han seleccionado los dos sistemas constructivos más representativos de fachadas y los dos sistemas constructivos más representativos de cubiertas de cara a elaborar una propuesta de método para la predicción de vida útil.

Los sistemas constructivos para los cuales se ha elaborado una propuesta de método de los factores son los siguientes:

#### FACHADA DE FÁBRICA CERÁMICA CARA VISTA



LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo)

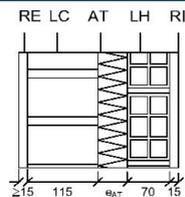
RM: Revestimiento intermedio

AT: Aislante no hidrófilo

LH: Fábrica de ladrillo hueco

RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado.

#### FACHADAS CON REVESTIMIENTO CONTINUO



RE: Revestimiento exterior continuo

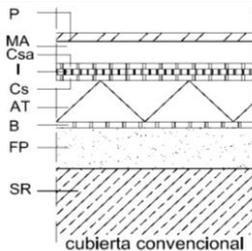
LC: Fábrica de ladrillo cerámico

AT: Aislante no hidrófilo

LH: Fábrica de ladrillo hueco

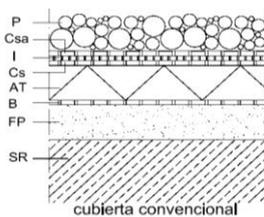
RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado

### CUBIERTA CONVENCIONAL CON PROTECCIÓN PESADA



- P Capa de protección. Solado fijo
- MA Material de agarre o nivelación (mortero, lecho de arena...etc)
- Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.
- I Capa de impermeabilización
- AT Aislante
- B Barrera contra el vapor
- FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros
- SR Soporte resistente

### CUBIERTA CON PROTECCIÓN DE GRAVA



- P Capa de protección de grava
- Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.
- I Capa de impermeabilización
- Cs Capa separadora
- AT Aislante
- B Barrera contra el vapor
- FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros
- SR Soporte resistente

## Etapas del proceso de diseño que abarca el método

El método que aquí se presenta está principalmente enfocado a ser una herramienta que ayude a los técnicos en la evaluación de los diferentes sistemas constructivos respecto a su durabilidad. Por ello se recomienda la utilización del método en la etapa de diseño, ya que es en esta etapa cuando el técnico puede modificar el diseño del sistema constructivo para mejorar su comportamiento. Sin embargo, también es posible utilizar el método propuesto para estimar la vida útil residual de un elemento constructivo, restando al valor de la vida útil prevista del elemento que nos proporciona el método, la vida del elemento actualmente.

### 5.5.2 Funcionamiento del método propuesto

El objetivo del método que se expone a continuación es estimar la vida útil de un sistema constructivo sujeto a unas condiciones específicas basándose en una vida útil de referencia y modificándola mediante unos factores relativos a las condiciones específicas de cada caso.

La Norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) describe el método de los factores y establece que puede expresarse según la siguiente fórmula:

$$V_{UE} = V_{UR} \times \text{factor A} \times \text{factor B} \times \text{factor C} \times \text{factor D} \times \text{factor E} \times \text{factor F} \times \text{factor G}.$$

$V_{UE}$ = Vida útil estimada

$V_{UR}$ = Vida útil de referencia

La propuesta que se expone a continuación, siguiendo las indicaciones de la norma, se basa en una vida útil de referencia para cada elemento que se modifica mediante los factores analizados en capítulos anteriores relativos a las condiciones específicas de cada caso.

El usuario del método deberá completar una ficha indicando las características del elemento constructivo que se esté estudiando y obtendrá un valor estimado de la vida útil del mismo.

Las fichas que componen el método están contenidas en formato excel en el CD-ROM adjunto.

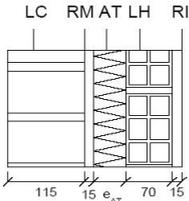
Una vez obtenida la vida útil estimada, el técnico podrá comprobar si ésta es superior a la vida útil de diseño que ha previsto para el sistema constructivo considerado. De no ser así el técnico debería adecuar el diseño de su sistema constructivo para mejorar su vida útil estimada.

### 5.5.3 Vida útil de referencia

La vida útil estimada, el objetivo último del método, se calcula a partir de la vida útil de referencia multiplicada por los diversos factores. En la Norma ISO15686-1 (ISO 2000) se dan indicaciones genéricas de cómo establecer la vida útil de referencia.

En la propuesta del método que se presenta como resultado de la investigación, se ha determinado la vida útil de referencia a partir de un análisis de los componentes constitutivos de cada sistema constructivo, eligiendo como el valor de vida útil de referencia el valor de vida útil de aquel componente cuyo fallo constituiría un riesgo para la seguridad de las personas y cuya sustitución por lesión conllevaría la sustitución del elemento constructivo en su conjunto. El valor de vida útil de cada componente se ha obtenido de la base de datos de durabilidades expuesta en el apartado 5.2 *Durabilidad de componentes empleados en los elementos constructivos*.

Se expone a continuación el análisis efectuado para cada sistema constructivo considerado y la vida de referencia establecida:

FACHADA DE FÁBRICA CERÁMICA CARA VISTA	
COMPONENTES DEL SISTEMA	DURABILIDAD ESTIMADA
	LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo) 81
RM: Revestimiento intermedio	37
AT: Aislante no hidrófilo	43
LH: Fábrica de ladrillo hueco	81
RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado.	46
<b>VIDA ÚTIL DE REFERENCIA DEL SISTEMA</b>	<b>81</b>

FACHADAS CON REVESTIMIENTO CONTINUO		
COMPONENTES DEL SISTEMA	DURABILIDAD ESTIMADA	
	RE: Revestimiento exterior continuo	37
	LC: Fábrica de ladrillo cerámico	81
	AT: Aislante no hidrófilo	43
	LH: Fábrica de ladrillo hueco	81
	RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado	46
<b>VIDA ÚTIL DE REFERENCIA DEL SISTEMA</b>	<b>81</b>	

CUBIERTA CONVENCIONAL CON PROTECCIÓN PESADA		
COMPONENTES DEL SISTEMA	DURABILIDAD ESTIMADA	
	P Capa de protección. Solado fijo	51
	MA Material de agarre o nivelación (mortero, lecho de arena...etc)	37
	Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.	30
	I Capa de impermeabilización	23
	Cs Capa separadora	30
	AT Aislante	40
	B Barrera contra el vapor	41
	FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros	39
	SR Soporte resistente	78
<b>VIDA ÚTIL DE REFERENCIA DEL SISTEMA</b>	<b>78</b>	

CUBIERTA CON PROTECCIÓN DE GRAVA		
COMPONENTES DEL SISTEMA	DURABILIDAD ESTIMADA	
	P Capa de protección de grava	40
	Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.	30
	I Capa de impermeabilización	23
	Cs Capa separadora	30
	AT Aislante	40
	B Barrera contra el vapor	41
	FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros	39
	SR Soporte resistente	78
	<b>VIDA ÚTIL DE REFERENCIA DEL SISTEMA</b>	<b>78</b>

### 5.5.4 Factores incluidos en el método

La Norma ISO 15686 Parte 1 (ISO 2000) describe el método de los factores y da indicaciones generales de cómo establecer cada uno de los factores.

El método propone el uso de los siguientes factores:

- Factor A: Calidad de los componentes
- Factor B: nivel de diseño
- Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras
- Factor D: condiciones interiores
- Factor E: condiciones de exposición exterior
- Factor F: condiciones de uso
- Factor G: nivel de mantenimiento

En el método que se presenta en este trabajo se ha efectuado una propuesta de factores más extensa que la efectuada por la norma, tal como propone la propia norma, asignando a cada uno de los factores que propone la norma un conjunto de factores que definan para cada elemento constructivo, el concepto propuesto por la ISO 15686-1 (ISO 2000). El número de factores que definen cada uno de los conceptos propuestos por la norma variará dependiendo del apartado y del elemento constructivo estudiado.

Asimismo, se ha alterado el orden de los factores propuestos por la norma considerando en primer lugar el factor E “Condiciones de exposición exteriores” por considerarse que de esta forma el orden de los factores adquiere una lógica en relación al proceso de diseño de un edificio.

La elección de los factores concretos se ha llevado a cabo, tal como se ha expuesto en capítulos anteriores, a partir de un análisis de los factores que influyen en la aparición de las diferentes lesiones establecidas como más comunes.

### 5.5.5 Valores asignados a cada factor

Cada factor contenido en el método propuesto, contiene diferentes opciones a elegir por el usuario: en función de la opción que el usuario elija, el factor tendrá un valor menor, igual o mayor que uno, que multiplicará la vida útil de referencia del sistema constructivo. La vida útil estimada del sistema será el resultado de multiplicar la vida útil de referencia por el valor asignado a cada uno de los factores intervinientes.

Factores				Valor asignado
Factor D: Condiciones interiores	D.1 Clase higrométrica	Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 1 ó 2 (Zonas de almacenamiento, oficinas o tiendas).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 3 (viviendas de baja ocupación).	<input type="checkbox"/>	1
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 4 o 5 (viviendas de alta ocupación, pabellones deportivos, cocinas, cantinas, edificios calefactados con estufas sin chimeneas de evacuación de humos, lavanderías, restaurantes, piscinas...etc).	<input type="checkbox"/>	1,0105
<b>Factor D: Condiciones interiores</b>				...

Figura 11 Ejemplo de valores asignados a los factores

La norma ISO15686-1 (ISO 2000), en los ejemplos que contiene, asigna a cada factor valores de 0,8, 1 y 1,2, en función de si el factor afecta de forma positiva, no afecta o si afecta de forma negativa a la durabilidad del elemento. En la propuesta que se realiza del método se ha considerado que el rango que ejemplifica la norma es demasiado amplio para el número de factores que se han tenido en cuenta en la propuesta (hasta veintiocho factores dependiendo del sistema constructivo). Si se hubiera utilizado el rango propuesto en la norma, con el número de factores que se proponen en este trabajo, las vidas útiles mínima y máxima que se podría obtener serían ilógicas, por ser demasiado bajas o elevadas. Por lo que, en el caso que nos ocupa, se han establecido los tres niveles de cada factor en función de la vida útil mínima y máxima que se buscaba obtener en cada sistema constructivo. Es decir, los valores de cada factor que afectan de forma negativa al valor de vida útil, al multiplicarlos entre sí, dan como resultado el valor de la vida útil mínima del elemento, por lo que si una fachada o cubierta fuera valorada negativamente en todos los factores, obtendría la vida útil mínima de ese elemento; de la misma forma, los valores de cada factor que afectan de forma positiva a la vida útil, al multiplicarlos entre sí, dan como resultado el valor de la vida útil máxima; por último, los valores de cada factor que no afectan ni de forma positiva ni de forma negativa a la vida útil del elemento, son igual a 1 tal como se indica en la norma.

La vida útil mínima y máxima que se ha establecido para cada sistema constructivo es la vida útil mínima y máxima del componente del que se ha obtenido el dato de la vida útil de referencia obtenidos ambos datos de la base de durabilidades contenida en el capítulo 5.2 *Durabilidad de componentes empleados en los elementos constructivos*.

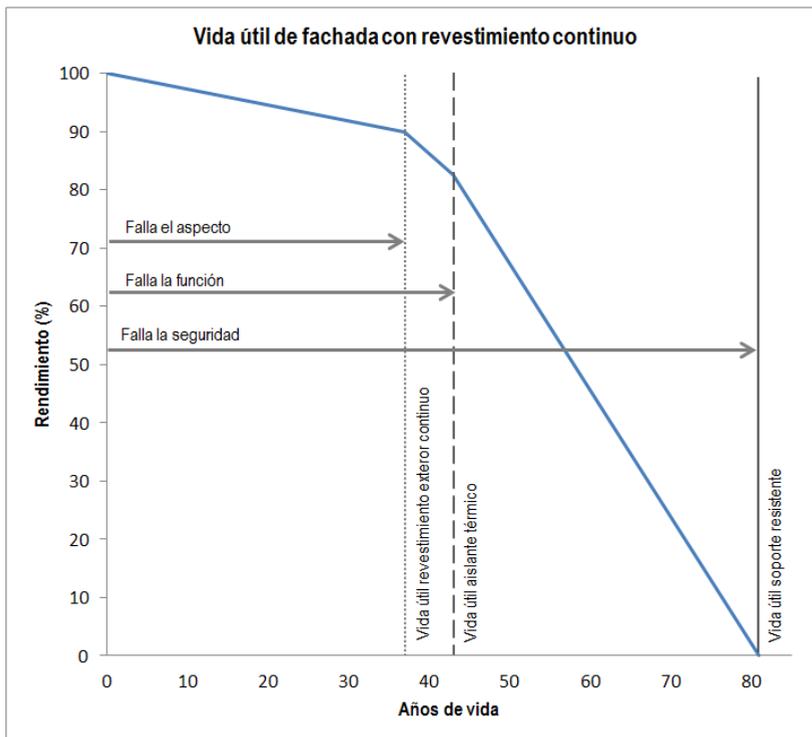
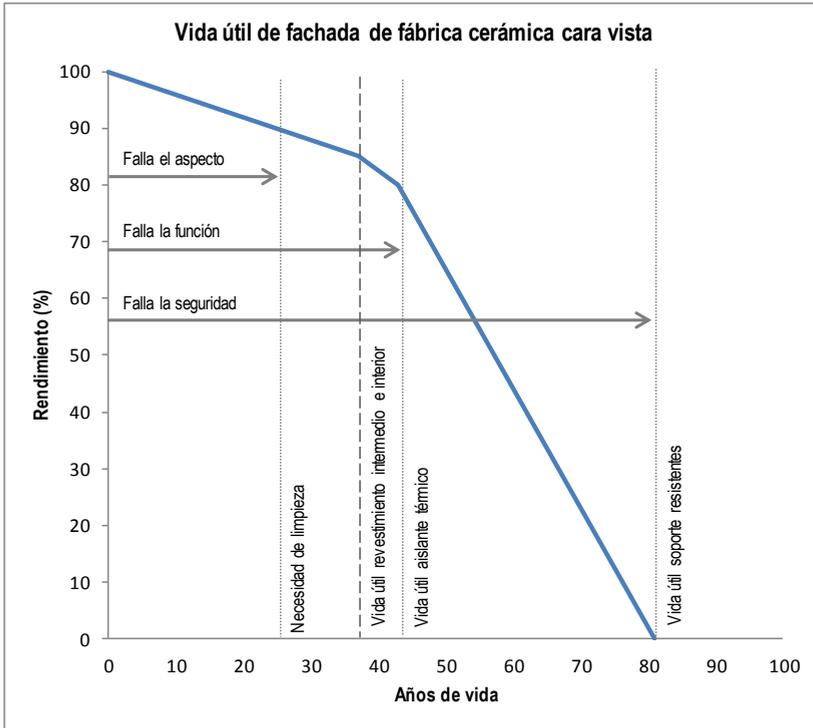
Respecto a la ponderación de los diferentes factores, en cada sistema constructivo todos los factores tienen el mismo valor en función de si el factor afecta de forma positiva, no afecta o si afecta de forma negativa a la durabilidad del elemento, es decir, no se han ponderado los diferentes factores en función de su mayor o menor afectación a la durabilidad del sistema constructivo.

### 5.5.6 Diagramas de evolución de la vida útil del elemento constructivo

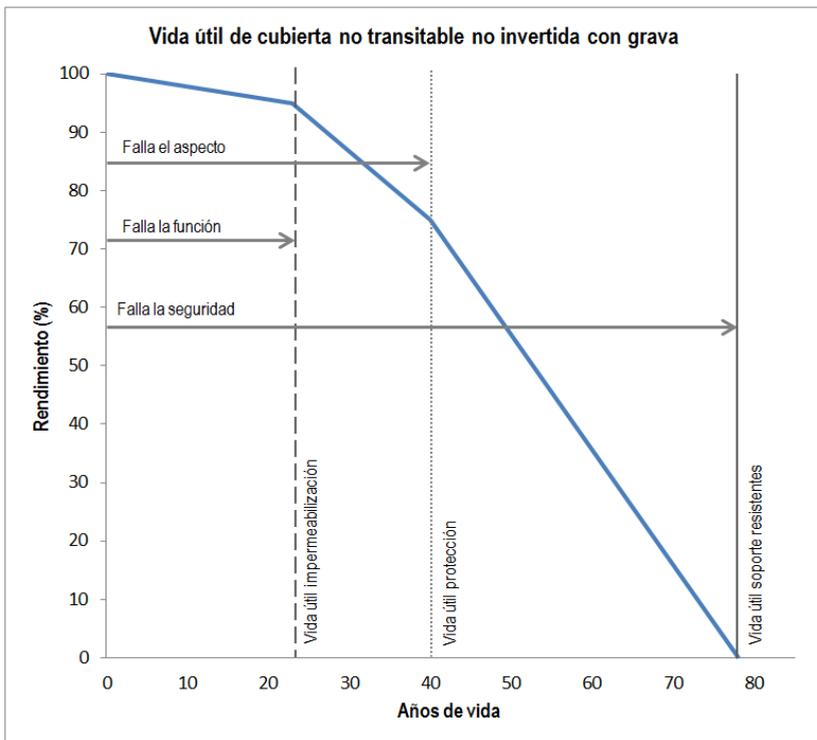
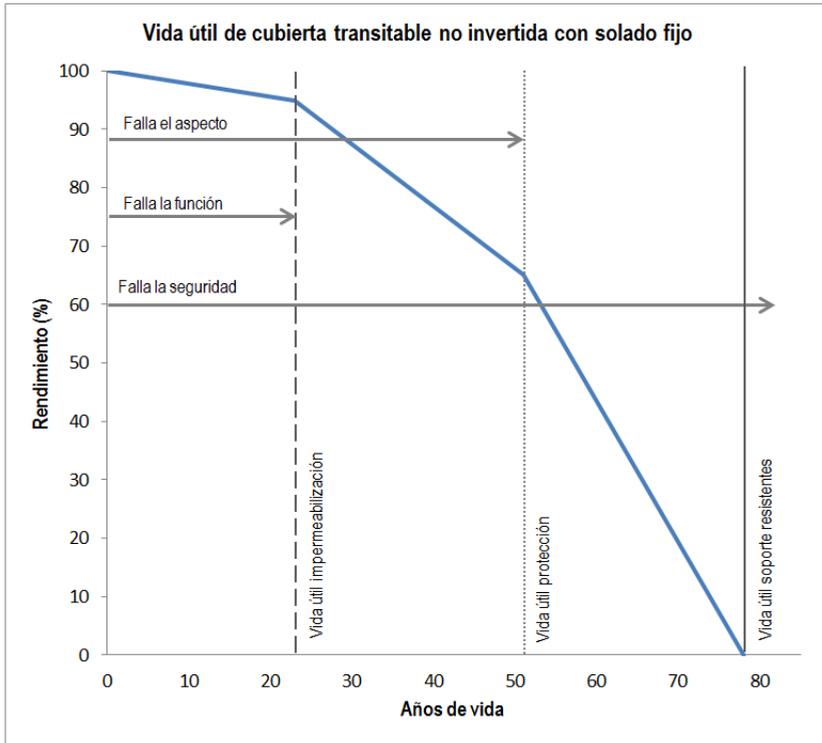
Las fichas donde se plasma cada uno de los cuatro métodos propuestos contienen un diagrama de evolución teórica de la vida útil del sistema constructivo en base a las vidas útiles de referencia de cada uno de sus componentes. En cada diagrama se marca la previsión de fallo de los diferentes componentes que pueden acelerar la degradación del sistema. Asimismo en los diagramas se indica en qué momento se podría esperar un fallo en el aspecto del sistema, un fallo en la función del sistema y por último un fallo de la seguridad del sistema.

Los diagramas están elaborados a partir de los datos de vidas útiles de referencia de los componentes, por lo que no representa la evolución del sistema constructivo concreto que estamos evaluando, sino que muestra la evolución de un sistema constructivo genérico.

A continuación se exponen los cuatro diagramas contenidos en las fichas para los diferentes sistemas constructivos:



## 5 Propuesta de una metodología



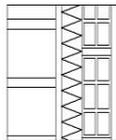
### 5.5.7 Fichas operativas del método propuesto

A continuación se exponen las fichas operativas del método propuesto tal como se visualizan en la herramienta aportada en formato Excel. Para poder obtener un resultado de vida útil se deberá proceder a completar las fichas de los elementos constructivos en la herramienta en formato Excel, pues en este apartado únicamente se muestran las fichas vacías antes de completarlas para obtener un valor de vida útil.

Como dato informativo, bajo la casilla dónde aparecería la vida útil del elemento constructivo (casilla naranja), una vez completados los datos relativos al mismo, se muestra el valor de vida útil mínima y máxima que se podría obtener aplicando el método en el elemento constructivo objeto del método. Asimismo, también con carácter informativo, se aporta al final de ficha una gráfica dónde se indica la vida útil del elemento constructivo analizado en relación a la vida útil máxima que podríamos obtener; la gráfica aparece vacía en el caso de las fichas que se muestran a continuación por ser únicamente la plantilla donde se deben completar los datos, en el Anejo A podremos visualizar un ejemplo de la gráfica una vez hemos completado la ficha.

El resultado de vida útil estimada que se obtendrá al aplicar el método, una vez indicadas las opciones de cada factor, será el resultado de multiplicar los valores correspondientes a cada factor, obteniéndose el resultado de forma automática en la herramienta en formato Excel. Aquellos factores a los que no se sepa asignar un nivel, se les debe asignar el más desfavorable, lo que equivale al nivel que aparece en primer lugar (en la primera línea de cada factor).

**Fachada de fábrica cerámica cara vista**

<p><b>FACHADA DE FÁBRICA CERÁMICA CARA VISTA</b></p> 	<p>Vida útil de referencia <math>V_R</math></p> <p>81</p>
---	---

<b>Factores</b>	<b>Valor asignado</b>
-----------------	-----------------------

<b>Factor E: Condiciones de exposición exterior</b>	<b>E.1 Clase de ambiente: Contaminación atmosférica</b>	Ambiente marino o con polución industrial.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Medio urbano interior.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Medio rural interior sin polución.	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>E.2 Exposición a la radiación</b>	Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Fachada orientada a norte o en sombra todo el día.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona I, II o III (según CTE DB H5).	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>E.3 Frecuencia de exposición al agua de lluvia</b>	Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) con sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	1,033
		Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,967
		Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>E.4 Grado de exposición al viento</b>	Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,033
		Grado de exposición al viento V1 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,967
		Grado de exposición al viento V2 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>Factor E: Condiciones de exposición exteriores</b>			

<b>Factor A: Calidad de los componentes</b>	<b>A.1. Resistencia al hielo/deshielo de las piezas cerámicas</b>	F0: exposición pasiva (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	0,967
		F1: exposición moderada (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000
		F2: exposición severa (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>A.2 Impermeabilidad de la fábrica</b>	No se utilizan ladrillos de baja succión, hidrofugados ni gresificados.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Uso de ladrillo de baja succión.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Uso de ladrillo hidrofugados, Clinker o gresificados.	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>A.3 Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas</b>	Ladrillo de categoría S0 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	0,967
		Ladrillo de categoría S1 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Ladrillo de categoría S2 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>A.4 Eflorescibilidad de las piezas cerámicas</b>	Ladrillo ligeramente eflorescido.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Ladrillo no eflorescido.	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>A.5 Uso de morteros industriales</b>	No se utilizan morteros industriales.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Uso de morteros industriales.	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>A.6 Clase del mortero de albañilería (no aplicable para morteros ligeros o de junta delgada)</b>	Mortero de clase M1 o M2,5.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Mortero de clase M5 (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).	<input type="checkbox"/>	1,000
Mortero de clase M7,5 o superior (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).		<input type="checkbox"/>	1,033	
<b>A.7 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</b>	Elementos metálicos presentes en fachada sin protección.	<input type="checkbox"/>	0,967	
	Elementos metálicos presentes en fachada protegidos (acero galvanizado o aluminio anodizado o lacado).	<input type="checkbox"/>	1,000	
	Elementos metálicos presentes en fachada de acero inoxidable o inexistencia de elementos metálicos en fachada.	<input type="checkbox"/>	1,033	
<b>Factor A: Calidad de los elementos</b>				...

<b>Factor B: Nivel de diseño</b>	<b>B.1 Grado de impermeabilidad de la fachada</b>	Grado de impermeabilidad 1 ó 2 según CTE DB HS1 (siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma).	<input type="checkbox"/>	0,967
		Grado de impermeabilidad 3 ó 4 según CTE DB HS1 (siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Grado de impermeabilidad 5 según CTE DB HS1.	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>B.2 Correcta disposición de láminas impermeables</b>	No se disponen láminas impermeables en <u>todas</u> las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Se disponen láminas impermeables en <u>todas</u> las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los	<input type="checkbox"/>	1,000
		En el proyecto se definen los detalles constructivos adecuados que impidan el paso del agua de lluvia al interior del edificio a través de la colocación de láminas impermeables en el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>B.3 Distancia entre juntas de movimiento verticales</b>	Distancia entre juntas de movimiento verticales mayor de 15 metros.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Distancia entre juntas de movimiento verticales entre 12 y 15 metros.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Distancia entre juntas de movimiento verticales menor de 12 metros.	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>B.4 Rigidización transversal de los paños de fachada</b>	No existe rigidización de los paños de fachada.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Rigidización transversal de aquellos paños de fachada cuya longitud supere el doble de la altura.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Rigidización transversal de todos los paños de fachada.	<input type="checkbox"/>	1,033
<b>B.5 Situación de la hoja exterior de ladrillo</b>	Hoja exterior apoyada en la estructura horizontal.	<input type="checkbox"/>	1,000	
	Hoja exterior corrida por delante de la estructura del edificio.	<input type="checkbox"/>	1,033	
<b>B.6 Color de la fábrica</b>	Oscuro.	<input type="checkbox"/>	0,967	
	Medio.	<input type="checkbox"/>	1,000	
	Claro.	<input type="checkbox"/>	1,033	
<b>Factor B: Nivel de diseño</b>				...
<b>Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras</b>	<b>C.1 Nivel de control en la ejecución</b>	Categoría de ejecución C según el CTE DB SE-F.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Categoría de ejecución B según el CTE DB SE-F.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Categoría de ejecución A según el CTE DB SE-F.	<input type="checkbox"/>	1,033
	<b>C.2 Uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica</b>	Uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica.	<input type="checkbox"/>	0,967
No uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica.		<input type="checkbox"/>	1,000	
<b>Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras</b>				...
<b>Factor F: Condiciones de uso</b>	<b>F.1 Exposición de la fachada a acciones vandálicas</b>	Edificio con uso comercial, situado en zona de mucho tránsito peatonal y/o con posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Edificio sin uso comercial, no situado en zona de mucho tránsito peatonal y sin posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.	<input type="checkbox"/>	1,000
<b>Factor F: Condiciones de uso</b>				...

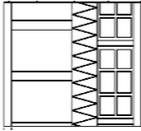
## 5 Propuesta de una metodología

Factor G: Nivel de mantenimiento	G1: Accesibilidad de las instalaciones húmedas	No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada.	<input type="checkbox"/>	0,967
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,000
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,033
	G2: Incorporación de mecanismos para la limpieza	No se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la	<input type="checkbox"/>	0,967
		Se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.	<input type="checkbox"/>	1,033
	G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento	Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas .	<input type="checkbox"/>	1,000
Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.		<input type="checkbox"/>	1,033	
<b>Factor G: Nivel de mantenimiento</b>				...

<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA= factor E x factor A x factor B x factor C x factor F x factor G x Vida útil de referencia</b>	
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÍNIMA</b>	40
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÁXIMA</b>	150



## Fachadas con revestimiento continuo

<b>FACHADA CON REVESTIMIENTO CONTINUO</b>			<b>Vida útil de referencia <math>V_R</math></b>	
			81	
<b>Factores</b>			<b>Valor asignado</b>	
<b>Factor E: Condiciones de exposición exterior</b>	<b>E.1 Clase de ambiente: Contaminación atmosférica</b>	Ambiente marino o con contaminación industrial.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Medio urbano interior.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Medio rural interior sin contaminación.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>E.2 Exposición a la radiación</b>	Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona I, II o III (según CTE DB H5).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) con sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>E.3 Frecuencia de exposición al agua de lluvia</b>	Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>E.4 Grado de exposición al viento</b>	Grado de exposición al viento V1 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Grado de exposición al viento V2 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,000
Grado de exposición al viento V3 (según CTE HS1).		<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>E.5 Condiciones previstas de puesta en obra</b>	Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 30°C en la ejecución del revestimiento de fachada.	<input type="checkbox"/>	0,974	
	Escasa o ninguna posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 30°C en la ejecución de la fachada.	<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>Factor E: Condiciones de exposición exteriores</b>			...	

## 5 Propuesta de una metodología

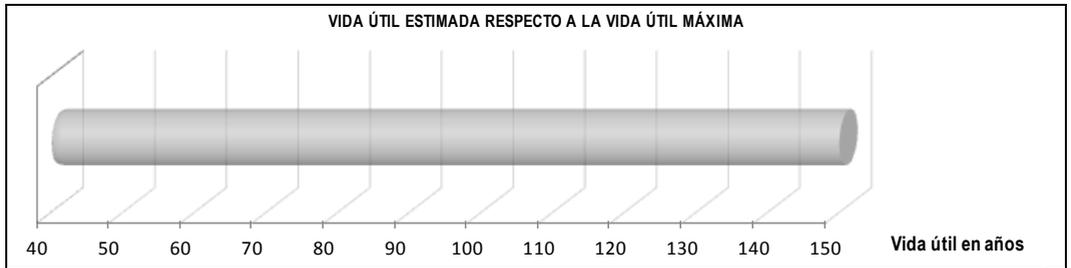
Factor A: Calidad de los componentes	<b>A.1. Heladicidad de las piezas cerámicas</b>	Ladrillo heladizo.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Ladrillo no heladizo.	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>A.2 Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas</b>	Ladrillo de categoría S0 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Ladrillo de categoría S1 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>A.3 Uso de morteros industriales</b>	Ladrillo de categoría S2 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,030
		No uso de morteros industriales.	<input type="checkbox"/>	0,974
	<b>A.4 Clase del mortero de juntas (no aplicable para morteros ligeros o de junta delgada)</b>	Uso de morteros industriales.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Mortero de clase M1 o M2,5.	<input type="checkbox"/>	0,974
	<b>A.5 Permeabilidad al agua del mortero de revestimiento</b>	Mortero de clase M5 (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor o de 0,75 la del mortero).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Mortero de clase M7,5 o superior (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor o de 0,75 la del mortero).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>A.6 Tipo de mortero de revestimiento</b>	Mortero de categoría W0 en absorción de agua (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Mortero de categoría W1 en absorción de agua (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Mortero de categoría W2 en absorción de agua (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>A.7 Tipo de revestimiento</b>	Categoría CSI o CSII (UNE-EN 998-1:2010).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Categoría CSIII (UNE-EN 998-1:2010).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Categoría CSIV (UNE-EN 998-1:2010).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>A.8 Tipo de acabado del revestimiento</b>	Revestimiento a base de pintura al aceite, a la cal o al cemento sobre mortero de cemento.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Revestimiento a base de pinturas al silicato de potasio o plásticas sobre mortero de cemento.	<input type="checkbox"/>	1,000
Revestimiento a base de mortero monocapa.		<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>A.9 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</b>	Acabado liso.	<input type="checkbox"/>	0,974	
	Acabado raspado, texturizado u otros acabados rugosos.	<input type="checkbox"/>	1,000	
	Elementos metálicos presentes en fachada sin protección.	<input type="checkbox"/>	0,974	
<b>A.9 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</b>	Elementos metálicos presentes en fachada protegidos (acero galvanizado o aluminio anodizado o lacado).	<input type="checkbox"/>	1,000	
	Elementos metálicos presentes en fachada de acero inoxidable o inexistencia de elementos metálicos en fachada.	<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>Factor A: Calidad de los elementos</b>				...

<b>Factor B: Nivel de diseño</b>	<b>B.1 Grado de impermeabilidad de la fachada</b>	Grado de impermeabilidad 1 ó 2 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Grado de impermeabilidad 3 ó 4 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Grado de impermeabilidad 5 (según CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>B.2 Correcta disposición de láminas impermeables</b>	No se disponen láminas impermeables en <u>todas</u> las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Se disponen láminas impermeables en <u>todas</u> las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los	<input type="checkbox"/>	1,000
		En el proyecto se definen los detalles constructivos adecuados que impidan el paso del agua de lluvia al interior del edificio a través de la colocación de láminas impermeables en el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>B.3 Distancia entre juntas de movimiento verticales</b>	Distancia entre juntas de movimiento verticales mayor de 15 metros.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Distancia entre juntas de movimiento verticales entre 12 y 15 metros.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Distancia entre juntas de movimiento verticales menor de 12 metros.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>B.4 Rigidización transversal de los paños de fachada</b>	No existe rigidización de los paños de fachada.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Rigidización transversal de aquellos paños de fachada cuya longitud supere el doble de la altura.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Rigidización transversal de todos los paños de fachada.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>B.5 Tratamiento de los puntos singulares</b>	No se ha especificado en proyecto el tratamiento de las juntas entre diferentes materiales con malla de fibra de vidrio.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Las juntas entre diferentes materiales serán tratadas, según figura en proyecto, con malla de fibra de vidrio.	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>B.6 Color del revestimiento</b>	Oscuro.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Medio.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Claro.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>B.7 Protección frente a impacto</b>	No previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) o de elementos de refuerzo en	<input type="checkbox"/>	0,974
		Previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) o de elementos de refuerzo en	<input type="checkbox"/>	1,000
		Previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) y de elementos de refuerzo en	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>Factor B: Nivel de diseño</b>			
<b>Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras</b>	<b>C.1 Nivel de control en la ejecución</b>	Categoría de ejecución C (según el CTE DB SE-F).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Categoría de ejecución B (según el CTE DB SE-F).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Categoría de ejecución A (según el CTE DB SE-F).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>C.2: Uso de aditivos retardadores en el mortero de</b>	Uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento.	<input type="checkbox"/>	0,974
		No uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento.	<input type="checkbox"/>	1,000
<b>C.2: Uso de aditivos aireantes en el mortero de</b>	No uso de aditivos aireantes en el mortero de revestimiento.	<input type="checkbox"/>	0,974	
	Uso de aditivos aireantes en el mortero de revestimiento.	<input type="checkbox"/>	1,000	
<b>Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras</b>				...
<b>Factor F: Condiciones de uso</b>	<b>F.1 Exposición de la fachada a acciones vandálicas</b>	Edificio con uso comercial, situado en zona de mucho tránsito peatonal y/o con posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Edificio sin uso comercial, no situado en zona de mucho tránsito peatonal y sin posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.	<input type="checkbox"/>	1,000
<b>Factor F: Condiciones de uso</b>				...

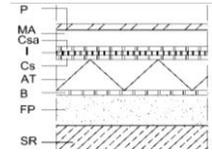
## 5 Propuesta de una metodología

Factor G: Nivel de mantenimiento	G1: Accesibilidad de las instalaciones húmedas	No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,000
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,030
	G2: Incorporación de mecanismos para la limpieza	No se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la	<input type="checkbox"/>	0,974
		Se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.	<input type="checkbox"/>	1,030
	G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento	Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas .	<input type="checkbox"/>	1,000
Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.		<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>Factor G: Nivel de mantenimiento</b>				...

<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA= factor A x factor B x factor C x factor E x factor F x factor G x Vida útil de referencia</b>	
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÍNIMA</b>	40
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÁXIMA</b>	150



## Cubiertas transitables no invertida con solado fijo

<b>CUBIERTA TRANSITABLE NO INVERTIDA CON SOLADO FIJO</b>		<b>Vida útil de referencia</b> <b>V<sub>R</sub></b> <b>78</b>
--	--	---

<b>Factores</b>			<b>Valor asignado</b>	
<b>Factor E: Condiciones de exposición exterior</b>	<b>E.1 Clase de ambiente: Contaminación atmosférica</b>	Ambiente marino o con contaminación industrial.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Medio urbano interior.	<input type="checkbox"/>	1
		Medio rural interior sin contaminación.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>E.2 Exposición a la radiación</b>	Edificio ubicado en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que protejan la cubierta las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Cubierta en sombra todo el día.	<input type="checkbox"/>	1
		Edificio ubicado en zona climática I, II o III (según CTE DB H5).	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>E.3 Severidad climática</b>	Severidad climática de verano 4 o 3 o severidad climática de invierno E o D (según el CTE DB HE1).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Severidad climática de verano 1 o 2 o severidad climática de invierno A, B o C (según el CTE DB HE1).	<input type="checkbox"/>	1
	<b>E.4 Exposición al viento</b>	Coefficiente de exposición al viento menor de 2 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Coefficiente de exposición al viento mayor de 2 y menor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	1
		Coefficiente de exposición al viento mayor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>E.5 Probabilidad de lluvia</b>	Zona pluviométrica de promedios I ó II (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	1
		Zona pluviométrica de promedios V (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>E.6 Intensidad pluviométrica</b>	Intensidad pluviométrica menor o igual de 110 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Intensidad pluviométrica mayor de 110 mm/h y menor o igual de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	1
		Intensidad pluviométrica mayor de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>E.7 Probabilidad de acumulación de nieve</b>	Sobrecarga de nieve menor o igual a 0,3 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Sobrecarga de nieve mayor a 0,3 kN/m <sup>2</sup> y menor o igual a 0,5 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	1
		Sobrecarga de nieve mayor a 0,5 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	1,0105
<b>E.8 Condiciones previstas de puesta en obra</b>	Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.	<input type="checkbox"/>	0,961	
	Escasa o ninguna posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.	<input type="checkbox"/>	1	
<b>Factor E: Condiciones de exposición exteriores</b>			...	

## 5 Propuesta de una metodología

Factor A: Calidad de los componentes	A.1 Tipo de protección	Uso de baldosín catalán o sistema equivalente como protección (no resistente a las heladas).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Uso de gres esmaltado o rústico no resistente a las heladas como protección o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1
		Uso de gres esmaltado, porcelánico o rústico resistente a las heladas como protección o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	A.2 Tipo de material de agarre	Uso de mortero de cemento tipo M-5 o inferior como material de agarre de la protección.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Uso de mortero de cemento tipo M-7,5 o superior o adhesivo cementoso tipo C1 como material de agarre de la protección.	<input type="checkbox"/>	1
		Uso de mortero de cemento tipo M-7,5 o superior armado o adhesivo cementoso tipo C2 como material de agarre de la protección.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	A.3 Tipo de sellante de las juntas	Sellante de clase 7,5 o 12,5 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Sellante de clase 20 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	1
		Sellante de clase 25 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	1,0105
	A.4 Tipo de capa separadora	No utilización de capa separadora encima de la impermeabilización.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Utilización de films de polietileno o fieltro como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).	<input type="checkbox"/>	1
		Utilización de geotextil como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).	<input type="checkbox"/>	1,0105
	A.5 Tipo de aislante	Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 3$ %.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 1,5$ %.	<input type="checkbox"/>	1
		Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 0,7$ %.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	A.6 Tipo de impermeabilización	Impermeabilización a base de oxiasfalto, acrílicos o poliuretanos o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Impermeabilización a base de betún modificado, PVC, TPO, poliolefina o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	1
		Impermeabilización a base de EPDM, polipropileno o bentonita de sodio o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	A.7 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos	Elementos metálicos presentes en cubierta sin protección frente a la corrosión.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Elementos metálicos presentes en cubierta protegidos (anodizados, cromatados, galvanizados u otros revestimientos que protejan frente a la corrosión).	<input type="checkbox"/>	1
		Elementos metálicos presentes en cubierta de acero inoxidable o metal equivalente o inexistencia de elementos metálicos.	<input type="checkbox"/>	1,0105
<b>Factor A: Calidad de los elementos</b>				...

<b>Factor B: Nivel de diseño</b>	<b>B.1 Forma de la cubierta</b>	Forma de la cubierta irregular con ángulos en esquinas diferentes a 90° con esquinas con ángulos de 90° pero de forma no cuadrada o rectangular.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Forma de la cubierta básicamente cuadrada o rectangular con todos los ángulos de las esquinas de 90° pero con algunas hendiduras o salientes.	<input type="checkbox"/>	1
		Forma de la cubierta totalmente cuadrada o rectangular sin hendiduras ni salientes.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>B.2 Pendiente de la cubierta</b>	Pendiente de la cubierta mayor de 1% y menor de 2%.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Pendiente de la cubierta mayor de 2% y menor de 4%.	<input type="checkbox"/>	1
		Pendiente de la cubierta mayor de 4% y menor de 5%.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>B.3 Definición de los detalles constructivos</b>	No se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1
		Se definen en proyecto todos los detalles siguientes: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>B.4 Sistema de fijación de la impermeabilización</b>	Sistema de fijación de la impermeabilización adherido.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Sistema de fijación de la impermeabilización semiadherido.	<input type="checkbox"/>	1
		Sistema de fijación de la impermeabilización no adherido o flotante.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>B.5 Sistema constructivo del peto de cubierta</b>	Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por una sola hoja de ladrillo cerámico o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas o sistema	<input type="checkbox"/>	1
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas y reforzado con pilastras o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>B.6 Color de la protección</b>	Oscuro.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Medio.	<input type="checkbox"/>	1
		Claro.	<input type="checkbox"/>	1,0105
<b>Factor B: Nivel de diseño</b>			...	
<b>Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras</b>	<b>C.1 Nivel de control en la ejecución de las obras</b>	Control de ejecución de las obras inferior al establecido en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Control de ejecución de las obras según se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1
		Control de ejecución de las obras superior al que se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras</b>			...

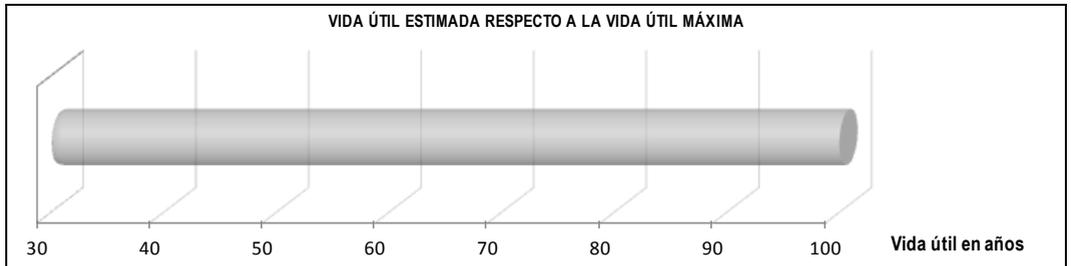
## 5 Propuesta de una metodología

<b>Factor D: Condiciones interiores</b>	<b>D.1 Clase higrométrica</b>	Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 1 ó 2 (Zonas de almacenamiento, oficinas o tiendas).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 3 (viviendas de baja ocupación).	<input type="checkbox"/>	1
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 4 o 5 (viviendas de alta ocupación, pabellones deportivos, cocinas, cantinas, edificios calefactados con estufas sin chimeneas de evacuación de humos, lavanderías, restaurantes, piscinas...etc).	<input type="checkbox"/>	1,0105
		<b>Factor D: Condiciones interiores</b>		

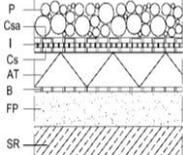
<b>Factor F: Condiciones de uso</b>	<b>F.1 Condiciones de acceso a la cubierta</b>	Cubierta transitable para vehículos o para usos deportivos.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Cubierta transitable para peatones o ajardinadas.	<input type="checkbox"/>	1
		Cubierta no transitable o de acceso exclusivo para mantenimiento.	<input type="checkbox"/>	1,0105
		<b>Factor F: Condiciones de uso</b>		

<b>Factor G: Nivel de mantenimiento</b>	<b>G1. Accesibilidad de las instalaciones húmedas</b>	No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,0105
	<b>G2 Accesibilidad para el mantenimiento</b>	No se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta .	<input type="checkbox"/>	0,961
		Se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.	<input type="checkbox"/>	1
	<b>G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento</b>	Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas .	<input type="checkbox"/>	1
		Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.	<input type="checkbox"/>	1,0105
		<b>Factor G: Nivel de mantenimiento</b>		

<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA= factor A x factor B x factor C x factor E x factor F x factor G x Vida útil de referencia</b>	
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÍNIMA</b>	28
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÁXIMA</b>	100



## Cubiertas no transitables no invertida con grava

<b>CUBIERTA NO TRANSITABLE NO INVERTIDA CON GRAVA</b>		<b>Vida útil de referencia <math>V_R</math></b>  78
---	--	---

Factor E: Condiciones de exposición exterior	<b>E.1 Clase de ambiente: Contaminación atmosférica</b>	Ambiente marino o con polución industrial.	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Medio urbano interior.	<input type="checkbox"/>	1	
		Medio rural interior sin polución.	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>E.2 Exposición a la radiación</b>	Edificio ubicado en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que protejan la cubierta las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Cubierta en sombra todo el día.	<input type="checkbox"/>	1	
		Edificio ubicado en zona climática I, II o III (según CTE DB H5).	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>E.3 Severidad climática</b>	Severidad climática de verano 4 o 3 o severidad climática de invierno E o D (según el CTE DB HE1).	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Severidad climática de verano 1 o 2 o severidad climática de invierno A, B o C (según el CTE DB HE1).	<input type="checkbox"/>	1	
	<b>E.4 Exposición al viento</b>	Coefficiente de exposición al viento menor de 2 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Coefficiente de exposición al viento mayor de 2 y menor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	1	
		Coefficiente de exposición al viento mayor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>E.5 Probabilidad de lluvia</b>	Zona pluviométrica de promedios I ó II (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	1	
		Zona pluviométrica de promedios V (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>E.6 Intensidad pluviométrica</b>	Intensidad pluviométrica menor o igual de 110 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Intensidad pluviométrica mayor de 110 mm/h y menor o igual de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	1	
		Intensidad pluviométrica mayor de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>E.7 Probabilidad de acumulación de nieve</b>	Sobrecarga de nieve menor o igual a 0,3 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Sobrecarga de nieve mayor a 0,3 kN/m <sup>2</sup> y menor o igual a 0,5 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	1	
		Sobrecarga de nieve mayor a 0,5 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>E.8 Condiciones previstas de puesta en obra</b>	Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Escasa o ninguna posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>Factor E: Condiciones de exposición exteriores</b>				...

## 5 Propuesta de una metodología

Factor A: Calidad de los componentes	A.1 Tipo de protección	Tamaño del canto rodado que constituye la protección menor de 16 mm o mayor de 32 mm.	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Tamaño del canto rodado que constituye la protección entre 16 mm y 32 mm.	<input type="checkbox"/>	1	
	A.2 Tipo de sellante de las juntas	Sellante de clase 7,5 o 12,5 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Sellante de clase 20 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	1	
		Sellante de clase 25 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	1,012	
	A.3 Tipo de capa separadora	Utilización de films de polietileno o fieltro filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Utilización de geotextil filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).	<input type="checkbox"/>	1	
	A.4 Tipo de aislante	Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 3$ %.	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 1,5$ %.	<input type="checkbox"/>	1	
		Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 0,7$ %.	<input type="checkbox"/>	1,012	
	A.5 Tipo de impermeabilización	Impermeabilización a base de oxiasfalto, acrílicos o poliuretanos o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Impermeabilización a base de betún modificado, PVC, TPO, poliolefina o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	1	
		Impermeabilización a base de EPDM, polipropileno o bentonita de sodio o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	1,012	
	A.6 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos	Elementos metálicos presentes en cubierta sin protección frente a la corrosión.	<input type="checkbox"/>	0,956	
		Elementos metálicos presentes en cubierta protegidos (anodizados, cromatados, galvanizados u otros revestimientos que protejan frente a la corrosión).	<input type="checkbox"/>	1	
		Elementos metálicos presentes en cubierta de acero inoxidable o metal equivalente o inexistencia de elementos metálicos.	<input type="checkbox"/>	1,012	
	<b>Factor A: Calidad de los elementos</b>				...

<b>Factor B: Nivel de diseño</b>	<b>B.1 Forma de la cubierta</b>	Forma de la cubierta irregular con ángulos en esquinas diferentes a 90° con esquinas con ángulos de 90° pero de forma no cuadrada o rectangular.	<input type="checkbox"/>	0,956
		Forma de la cubierta básicamente cuadrada o rectangular con todos los ángulos de las esquinas de 90° pero con algunas hendiduras o salientes.	<input type="checkbox"/>	1
		Forma de la cubierta totalmente cuadrada o rectangular sin hendiduras ni salientes.	<input type="checkbox"/>	1,012
	<b>B.2 Cantidad de canto rodado</b>	La cantidad de canto rodado es inferior a 100 Kg/m2 en la zona lateral y 50 Kg/m2 en el resto, para edificios hasta 8 m. de altura, inferior a 160 Kg/m2 en la zona lateral y 60 Kg/m2 en el resto, para edificios entre 8 y 20 m. de altura e inferior a 200 Kg/m2 en la zona lateral y 80 Kg/m2 en el resto, para edificios de altura superior a 20 m.	<input type="checkbox"/>	0,956
		La cantidad de canto rodado es igual a 100 Kg/m2 en la zona lateral y 50 Kg/m2 en el resto, para edificios hasta 8 m. de altura, inferior a 160 Kg/m2 en la zona lateral y 60 Kg/m2 en el resto, para edificios entre 8 y 20 m. de altura e inferior a 200 Kg/m2 en la zona lateral y 80 Kg/m2 en el resto, para edificios de altura superior a 20 m.	<input type="checkbox"/>	1
		La cantidad de canto rodado es superior a 100 Kg/m2 en la zona lateral y 50 Kg/m2 en el resto, para edificios hasta 8 m. de altura, inferior a 160 Kg/m2 en la zona lateral y 60 Kg/m2 en el resto, para edificios entre 8 y 20 m. de altura e inferior a 200 Kg/m2 en la zona lateral y 80 Kg/m2 en el resto, para edificios de altura superior a 20 m, siempre que el peso que debe soportar la cubierta esté dentro de los límites que establezca la normativa vigente.	<input type="checkbox"/>	1,012
	<b>B.3 Definición de los detalles constructivos</b>	No se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	0,956
		Se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1
		Se definen en proyecto todos los detalles siguientes: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1,012
	<b>B.4 Sistema de fijación de la impermeabilización</b>	Sistema de fijación de la impermeabilización adherido.	<input type="checkbox"/>	0,956
		Sistema de fijación de la impermeabilización semiadherido.	<input type="checkbox"/>	1
		Sistema de fijación de la impermeabilización no adherido o flotante.	<input type="checkbox"/>	1,012
	<b>B.5 Sistema constructivo del peto de cubierta</b>	Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por una sola hoja de ladrillo cerámico o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	0,956
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas y reforzado con pilastras o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1,012
<b>Factor B: Nivel de diseño</b>			...	

## 5 Propuesta de una metodología

Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras	C.1 Nivel de control en la ejecución de las obras	Control de ejecución de las obras inferior al establecido en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	0,956
		Control de ejecución de las obras según se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1
		Control de ejecución de las obras superior al que se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1,012
<b>Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras</b>				...

Factor D: condiciones interiores	D.1 Clase higrométrica	Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 1 ó 2 (zonas de almacenamiento, oficinas o tiendas).	<input type="checkbox"/>	0,956
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 3 (viviendas de baja ocupación).	<input type="checkbox"/>	1
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 4 o 5 (viviendas de alta ocupación, pabellones deportivos, cocinas, cantinas, edificios calefactados con estufas sin chimeneas de evacuación de humos, lavanderías, restaurantes, piscinas...etc).	<input type="checkbox"/>	1,012
<b>Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras</b>				...

Factor G: Nivel de mantenimiento	G1. Accesibilidad de las instalaciones húmedas	No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta.	<input type="checkbox"/>	0,956
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,012
	G2 Accesibilidad para el mantenimiento	No se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta .	<input type="checkbox"/>	0,956
		Se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.	<input type="checkbox"/>	1,012
	G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento	Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas .	<input type="checkbox"/>	1
Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.		<input type="checkbox"/>	1,012	
<b>Factor G: Nivel de mantenimiento</b>				...

<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA= factor A x factor B x factor C x factor E x factor F x factor G x Vida útil de referencia</b>	
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÍNIMA</b>	28
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÁXIMA</b>	100



### 5.5.8 Observaciones en relación a la aplicación del método

Si el sistema constructivo que queremos evaluar se encuentra ubicado en un edificio existente, una vez rellenado el formulario le deberemos restar a la vida útil estimada, la edad del edificio donde se encuentra ubicado nuestro sistema constructivo, obteniendo de este modo la vida útil residual del sistema.

## 6. Conclusiones

Hoy en día, gracias a las numerosas investigaciones realizadas en el campo de la predicción de la vida útil, se ha constatado que el nivel de desarrollo de los métodos de cálculo es muy avanzado, pese a que debido a los múltiples factores a considerar, no se haya conseguido predecir la vida útil de una manera más rigurosa.

La publicación de la norma ISO 15686 ha supuesto un gran avance en la consecución de un método de predicción de la vida útil de los elementos constructivos, sus componentes y materiales, pero aún quedan cuestiones muy importantes que se deben atender en el ámbito internacional:

- **Bases de datos de referencia:** Bases de datos de vidas útiles de referencia de materiales y componentes de los elementos constructivos.
- **Estudio de la degradación:** Caracterización de los mecanismos y factores de deterioro de los materiales y componentes de los elementos constructivos.
- **Guías de aplicación:** Necesidad de guías sobre la aplicación de la metodología de estimación de la vida útil con la inclusión de ejemplos detallados.

Cómo principal aportación del trabajo aquí presentado, y dando respuesta al objetivo general de la tesis, se ha propuesto una metodología que permite 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 de los factores propuesto en la norma ISO 15686. La aportación del método aquí propuesto frente al publicado en la norma ISO 15686 es la mayor definición y concreción de los factores que afectan a la durabilidad de las fachadas y cubiertas estudiadas, y la valoración de cada uno de esos factores de una forma coherente con los datos de durabilidades obtenidos en el desarrollo de la tesis para los sistemas constructivos estudiados. La caracterización de los factores permite que los resultados de vida útiles obtenidos a partir del método sean comparables entre sí.

Asimismo, en el trabajo que se expone se ha tratado de dar respuesta a las necesidades planteadas surgidas a partir del desarrollo del método, generando una base de datos de durabilidad de los componentes de los elementos constructivos estudiados y efectuando un estudio de los mecanismos de degradación más frecuentes en los elementos constructivos objeto del estudio.

La base de datos de durabilidad de componentes de los elementos constructivos, pese a haberse generado en el ámbito de la predicción de la vida útil de sistemas constructivos, también puede ser útil en otros ámbitos de estudio, como por ejemplo en el establecimiento de las cadencias de reposición de los componentes de los elementos constructivos de un edificio contenida en el correspondiente plan de mantenimiento.

Asimismo, el haber determinado los mecanismos de degradación más frecuentes en fachadas y cubiertas, sus causas y la forma en que se pueden prevenir, más allá de la aplicación que en esta investigación se le ha dado, pueden tener multitud de aplicaciones en diferentes ámbitos, como por ejemplo en la inspección técnica de edificios.

El objetivo principal de la investigación aquí expuesta no ha consistido en establecer valores exactos de durabilidad ni de componentes ni de sistemas constructivos, el objetivo principal del trabajo elaborado ha sido el abrir una línea de investigación que permita, tras hacer públicos los resultados obtenidos, poder contrastar la validez y utilidad de los mismos con los diferentes agentes del sector. Los datos que se obtengan, bien de la base de datos de durabilidades de componentes de elementos constructivos, bien de la aplicación del método de predicción de vida útil de sistemas constructivos propuesto, deberán interpretarse como predicciones aproximadas que permiten establecer una comparación de diferentes sistemas constructivos en relación a su durabilidad, y en ningún caso deberán interpretarse como datos exactos sobre la vida útil del componente o sistema. En cualquier caso, la aplicación del método propuesto en la etapa de proyecto, permite al proyectista el conocer los principales factores que pueden influir en la durabilidad del sistema proyectado, permitiéndole tomar las decisiones que crea convenientes en este sentido de cara a mejorar su durabilidad. Por consiguiente, la información que proporciona el método propuesto debe entenderse, más que como un cálculo cuantitativo, como una estimación cualitativa.

En estos momentos en los que el sector de la construcción necesita cambiar el modelo que se ha aplicado en las últimas décadas, un avance de las características del que se ha conseguido con la investigación expuesta en este documento mediante la concreción de una metodología de cálculo de vida útil estimada de fachadas y cubiertas, permite dar pasos en el camino de la mejora de la calidad y la sostenibilidad en el sector de la construcción, impulsando un mejor conocimiento de los sistemas constructivos que empleamos, así como de sus componentes y materiales. No podremos mejorar el funcionamiento de los sistemas constructivos si desconocemos su comportamiento.

### **Futuras líneas de investigación**

Respecto al desarrollo de futuros trabajos vinculados a la investigación que aquí se presenta, por un lado está la ampliación del método a un mayor número de sistemas constructivos y por otro lado, el disponer de una metodología de estimación de la durabilidad de elementos constructivos permitirá avanzar en diferentes campos de estudio como por ejemplo en el análisis del coste del ciclo de vida de los componentes y elementos constructivos constitutivos de un edificio, en el análisis de su ciclo de vida o en la estimación de las cadencias de reposición de estos elementos, requeridas para una adecuada planificación del mantenimiento.

El campo de estudio del coste del ciclo de vida tiene el objetivo de hallar el coste total de un elemento a lo largo de su vida útil, incluyendo su adquisición, su uso, su mantenimiento y los costes de eliminación. Tal como se ha expuesto en el apartado anterior, el análisis del coste del ciclo de vida es uno de los principales campos en los que se busca avanzar con el planteamiento de una metodología de estimación de la durabilidad. Los beneficios de avanzar en este campo consisten principalmente en una mejora de la competitividad de la industria de la construcción, permitiendo ofrecer a los clientes información comparable respecto al producto que adquieren, potenciando el valor de aquellos productos que con un menor coste ofrecen mejores cualidades, es decir, permitiendo la valoración del coste-eficacia. El poder evaluar el coste del ciclo de vida de los elementos constitutivos de los

edificios es, en estos momentos, clave para la evaluación de la sostenibilidad ambiental en la construcción, pues proporciona una herramienta para la evaluación económica de las diferentes opciones y evalúa el coste-beneficio de la incorporación de opciones más sostenibles en bienes construidos.

Relacionado con el estudio del coste de ciclo de vida se encuentra el análisis del ciclo de vida (ACV en adelante), que trata los aspectos e impactos ambientales potenciales (por ejemplo la utilización de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones y vertidos) a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final, es decir de la cuna a la tumba (AENOR 2006). De la misma forma que en el análisis del coste del ciclo de vida, el ACV necesita establecer la vida útil de los elementos constructivos para su aplicación, por lo que una metodología de sencilla aplicación para la predicción de la vida útil de sistemas constructivos supone una gran ayuda en este campo. Por este motivo, un fácil acceso a los datos necesarios, como los datos de durabilidad, podría suponer una mayor aplicación del ACV, lo que conllevaría un importante impulso, como sucedía en el caso anterior, para la mejora de la competitividad de la industria de la construcción.

Por otro lado, en diversos estudios expuestos en este trabajo, se ha llegado a la conclusión de que el mantenimiento es, junto con las condiciones exteriores, el factor que mayor influencia tiene en la durabilidad de los materiales y componentes de los elementos constructivos. Sin embargo, el mantenimiento es un factor que es difícil incluir en métodos de predicción, como el expuesto en este trabajo, por ser métodos aplicados en la etapa de diseño. Esto es debido a que no se pueden predecir los patrones de comportamiento de los propietarios y/o usuarios de los edificios en la etapa de proyecto. Sin embargo, la base de datos de componentes de elementos constructivos elaborada contiene una comparativa del comportamiento de los diferentes componentes en relación a su durabilidad lo que permite establecer cadencias de mantenimiento de los componentes de los elementos constructivos permitiendo incidir en aquellos componentes que muestren un peor comportamiento para prolongar su vida útil. Se ha demostrado que los materiales que muestran mayores durabilidades son en gran medida aquellos sometidos a un buen cuidado y mantenimiento, por lo que la elaboración de guías y procedimientos en relación al mantenimiento de los edificios es clave, siendo los trabajos como el que aquí se presentan un primer paso indispensable en esta materia. De esta forma, planificando las necesidades de inversión durante la vida útil de un edificio y un adecuado mantenimiento, se puede buscar la combinación más rentable para la sociedad y para los propietarios (ISO 2000).

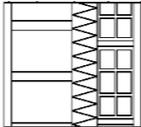


## Anejo A Ejemplo de aplicación

A continuación se expone la aplicación del método de predicción propuesto en un proyecto real. Las imágenes que se muestran a continuación son imágenes extraídas de la aplicación del método a partir de la herramienta en formato Excel incluida en el CD-ROM entregado, el resultado de vida útil estimada que muestra la herramienta es el resultado de multiplicar cada uno de los valores asignados en cada factor.

El ejemplo planteado, ha permitido comprobar la viabilidad del procedimiento propuesto. El breve tiempo empleado y la poca dificultad para hallar la información necesaria para su cumplimentación hacen del método propuesto un método sencillo en su aplicación, condición que se planteó al inicio de la investigación y que diversos autores citados en este trabajo establecen como la característica más importante de un método de este tipo.

Debido a la petición de los autores del proyecto de no revelar la fuente utilizada, no se incluyen datos del proyecto para evitar su identificación, más allá de los que se puedan deducir de la aplicación del propio método.

<b>FACHADA CON REVESTIMIENTO CONTINUO</b>				<b>Vida útil de referencia <math>V_R</math></b>
				81
<b>Factores</b>				<b>Valor asignado</b>
<b>Factor E: Condiciones de exposición exterior</b>	<b>E.1 Clase de ambiente: Contaminación atmosférica</b>	Ambiente marino o con polución industrial.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Medio urbano interior.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Medio rural interior sin polución.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>E.2 Exposición a la radiación</b>	Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona I, II o III (según CTE DB H5).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) con sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>E.3 Frecuencia de exposición al agua de lluvia</b>	Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>E.4 Grado de exposición al viento</b>	Grado de exposición al viento V1 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Grado de exposición al viento V2 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Grado de exposición al viento V3 (según CTE HS1).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,030
	<b>E.5 Condiciones previstas de puesta en obra</b>	Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 30°C en la ejecución del revestimiento de fachada.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Escasa o ninguna posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 30°C en la ejecución de la fachada.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,030
	<b>Factor E: Condiciones de exposición exteriores</b>			

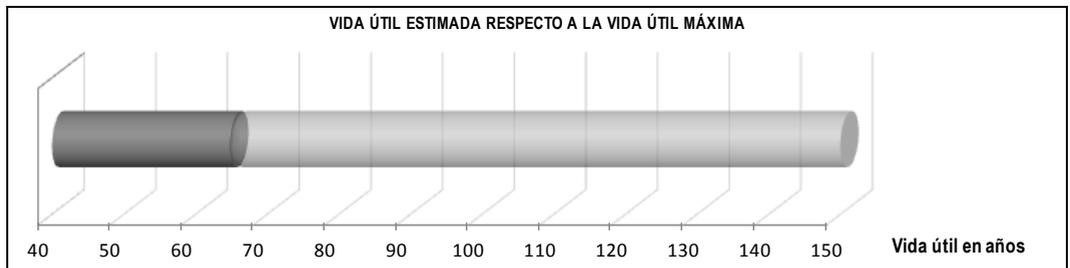
<b>Factor A: Calidad de los componentes</b>	<b>A.1. Heladicidad de las piezas cerámicas</b>	Ladrillo heladizo.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Ladrillo no heladizo.	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>A.2 Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas</b>	Ladrillo de categoría S0 (Marcado CE).	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Ladrillo de categoría S1 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Ladrillo de categoría S2 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>A.3 Uso de morteros industriales</b>	No uso de morteros industriales.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Uso de morteros industriales.	<input type="checkbox"/>	1,000
	<b>A.4 Clase del mortero de juntas (no aplicable para morteros ligeros o de junta delgada)</b>	Mortero de clase M1 o M2,5.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Mortero de clase M5 (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Mortero de clase M7,5 o superior (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>A.5 Permeabilidad al agua del mortero de revestimiento</b>	Mortero de categoría W0 en absorción de agua (Marcado CE).	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Mortero de categoría W1 en absorción de agua (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Mortero de categoría W2 en absorción de agua (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>A.6 Tipo de mortero de revestimiento</b>	Categoría CSI o CSII (UNE-EN 998-1:2010).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Categoría CSIII (UNE-EN 998-1:2010).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Categoría CSIV (UNE-EN 998-1:2010).	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>A.7 Tipo de revestimiento</b>	Revestimiento a base de pintura al aceite, a la cal o al cemento sobre mortero de cemento.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Revestimiento a base de pinturas al silicato de potasio o plásticas sobre mortero de cemento.	<input type="checkbox"/>	1,000
Revestimiento a base de mortero monocapa.		<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>A.8 Tipo de acabado del revestimiento</b>	Acabado liso.	<input type="checkbox"/>	0,974	
	Acabado raspado, texturizado u otros acabados rugosos.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
<b>A.9 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos</b>	Elementos metálicos presentes en fachada sin protección.	<input type="checkbox"/>	0,974	
	Elementos metálicos presentes en fachada protegidos (acero galvanizado o aluminio anodizado o lacado).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
	Elementos metálicos presentes en fachada de acero inoxidable o inexistencia de elementos metálicos en fachada.	<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>Factor A: Calidad de los elementos</b>				<b>0,85</b>

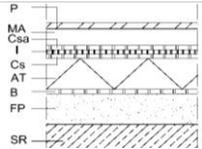
Anejo A Ejemplo de aplicación

Factor B: Nivel de diseño	B.1 Grado de impermeabilidad de la fachada	Grado de impermeabilidad 1 ó 2 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Grado de impermeabilidad 3 ó 4 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Grado de impermeabilidad 5 (según CTE DB HS1).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,030
	B.2 Correcta disposición de láminas impermeables	No se disponen láminas impermeables en <u>todas</u> las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Se disponen láminas impermeables en <u>todas</u> las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los	<input type="checkbox"/>	1,000
		En el proyecto se definen los detalles constructivos adecuados que impidan el paso del agua de lluvia al interior del edificio a través de la colocación de láminas impermeables en el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.	<input type="checkbox"/>	1,030
	B.3 Distancia entre juntas de movimiento verticales	Distancia entre juntas de movimiento verticales mayor de 15 metros.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Distancia entre juntas de movimiento verticales entre 12 y 15 metros.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Distancia entre juntas de movimiento verticales menor de 12 metros.	<input type="checkbox"/>	1,030
	B.4 Rigidización transversal de los paños de fachada	No existe rigidización de los paños de fachada.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Rigidización transversal de aquellos paños de fachada cuya longitud supere el doble de la altura.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Rigidización transversal de todos los paños de fachada.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,030
	B.5 Tratamiento de los puntos singulares	No se ha especificado en proyecto el tratamiento de las juntas entre diferentes materiales con malla de fibra de vidrio.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Las juntas entre diferentes materiales serán tratadas, según figura en proyecto, con malla de fibra de vidrio.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
	B.6 Color del revestimiento	Oscuro.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Medio.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Claro.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,030
	B.7 Protección frente a impacto	No previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) o de elementos de refuerzo en	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) o de elementos de refuerzo en	<input type="checkbox"/>	1,000
		Previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) y de elementos de refuerzo en	<input type="checkbox"/>	1,030
	<b>Factor B: Nivel de diseño</b>			
Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras	C.1 Nivel de control en la ejecución	Categoría de ejecución C (según el CTE DB SE-F).	<input type="checkbox"/>	0,974
		Categoría de ejecución B (según el CTE DB SE-F).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Categoría de ejecución A (según el CTE DB SE-F).	<input type="checkbox"/>	1,030
	C.2: Uso de aditivos retardadores en el mortero de	Uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
	C.2: Uso de aditivos aireantes en el mortero de	No uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento.	<input type="checkbox"/>	1,000
No uso de aditivos aireantes en el mortero de revestimiento.		<input checked="" type="checkbox"/>	0,974	
		Uso de aditivos aireantes en el mortero de revestimiento.	<input type="checkbox"/>	1,000
<b>Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras</b>				<b>0,95</b>
Factor F: Condiciones de uso	F.1 Exposición de la fachada a acciones vandálicas	Edificio con uso comercial, situado en zona de mucho tránsito peatonal y/o con posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.	<input type="checkbox"/>	0,974
		Edificio sin uso comercial, no situado en zona de mucho tránsito peatonal y sin posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
<b>Factor F: Condiciones de uso</b>				<b>1,00</b>

Factor G: Nivel de mantenimiento	G1: Accesibilidad de las instalaciones húmedas	No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,000
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,030
	G2: Incorporación de mecanismos para la limpieza	No se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
		Se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.	<input type="checkbox"/>	1,030
	G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento	Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas .	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.		<input type="checkbox"/>	1,030	
<b>Factor G: Nivel de mantenimiento</b>				<b>0,95</b>

<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA= factor A x factor B x factor C x factor E x factor F x factor G x Vida útil de referencia</b>	<b>65</b>
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÍNIMA</b>	40
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÁXIMA</b>	150



<p><b>CUBIERTA TRANSITABLE NO INVERTIDA CON SOLADO FIJO</b></p> 	<p><b>Vida útil de referencia <math>V_R</math></b></p> <p>78</p>
--	--

<b>Factores</b>	<b>Valor asignado</b>
-----------------	-----------------------

<b>Factor E: Condiciones de exposición exterior</b>	<b>E.1 Clase de ambiente: Contaminación atmosférica</b>	Ambiente marino o con polución industrial.	<input type="checkbox"/>	0,961	
		Medio urbano interior.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Medio rural interior sin polución.	<input type="checkbox"/>	1,011	
	<b>E.2 Exposición a la radiación</b>	Edificio ubicado en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que protejan la cubierta las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961	
		Cubierta en sombra todo el día.	<input type="checkbox"/>	1,000	
		Edificio ubicado en zona climática I, II o III (según CTE DB H5).	<input type="checkbox"/>	1,011	
	<b>E.3 Severidad climática</b>	Severidad climática de verano 4 o 3 o severidad climática de invierno E o D (según el CTE DB HE1).	<input type="checkbox"/>	0,961	
		Severidad climática de verano 1 o 2 o severidad climática de invierno A, B o C (según el CTE DB HE1).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
	<b>E.4 Exposición al viento</b>	Coefficiente de exposición al viento menor de 2 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	0,961	
		Coefficiente de exposición al viento mayor de 2 y menor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Coefficiente de exposición al viento mayor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).	<input type="checkbox"/>	1,011	
	<b>E.5 Probabilidad de lluvia</b>	Zona pluviométrica de promedios I ó II (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	0,961	
		Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Zona pluviométrica de promedios V (según la figura 2.4 del CTE DB HS1).	<input type="checkbox"/>	1,011	
	<b>E.6 Intensidad pluviométrica</b>	Intensidad pluviométrica menor o igual de 110 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	0,961	
		Intensidad pluviométrica mayor de 110 mm/h y menor o igual de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Intensidad pluviométrica mayor de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).	<input type="checkbox"/>	1,011	
	<b>E.7 Probabilidad de acumulación de nieve</b>	Sobrecarga de nieve menor o igual a 0,3 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	0,961	
		Sobrecarga de nieve mayor a 0,3 kN/m <sup>2</sup> y menor o igual a 0,5 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Sobrecarga de nieve mayor a 0,5 kN/m <sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).	<input type="checkbox"/>	1,011	
	<b>E.8 Condiciones previstas de puesta en obra</b>	Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.	<input type="checkbox"/>	0,961	
		Escasa o ninguna Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
	<b>Factor E: Condiciones de exposición exteriores</b>				<b>0,96</b>

Factor A: Calidad de los componentes	A.1 Tipo de protección	Uso de baldosín catalán o sistema equivalente como protección (no resistente a las heladas).	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Uso de gres esmaltado o rústico no resistente a las heladas como protección o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Uso de gres esmaltado, porcelánico o rústico resistente a las heladas como protección o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1,011
	A.2 Tipo de material de agarre	Uso de mortero de cemento tipo M-5 o inferior como material de agarre de la protección.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Uso de mortero de cemento tipo M-7,5 o superior o adhesivo cementoso tipo C1 como material de agarre de la protección.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Uso de mortero de cemento tipo M-7,5 o superior armado o adhesivo cementoso tipo C2 como material de agarre de la protección.	<input type="checkbox"/>	1,011
	A.3 Tipo de sellante de las juntas	Sellante de clase 7,5 o 12,5 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Sellante de clase 20 (según la norma ISO 11600).	<input type="checkbox"/>	1,000
		Sellante de clase 25 (según la norma ISO 11600).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,011
	A.4 Tipo de capa separadora	No utilización de capa separadora encima de la impermeabilización.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Utilización de films de polietileno o fieltro como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Utilización de geotextil como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).	<input type="checkbox"/>	1,011
	A.5 Tipo de aislante	Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 3$ %.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 1,5$ %.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE $\leq 0,7$ %.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,011
	A.6 Tipo de impermeabilización	Impermeabilización a base de oxiasfalto, acrílicos o poliuretanos o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Impermeabilización a base de betún modificado, PVC, TPO, poliolefina o sistemas de equivalentes características.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Impermeabilización a base de EPDM, polipropileno o bentonita de sodio o sistemas de equivalentes características.	<input type="checkbox"/>	1,011
	A.7 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos	Elementos metálicos presentes en cubierta sin protección frente a la corrosión.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Elementos metálicos presentes en cubierta protegidos (anodizados, cromatados, galvanizados u otros revestimientos que protejan frente a la corrosión).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Elementos metálicos presentes en cubierta de acero inoxidable o metal equivalente o inexistencia de elementos metálicos.	<input type="checkbox"/>	1,011
<b>Factor A: Calidad de los elementos</b>				<b>0,94</b>

Anejo A Ejemplo de aplicación

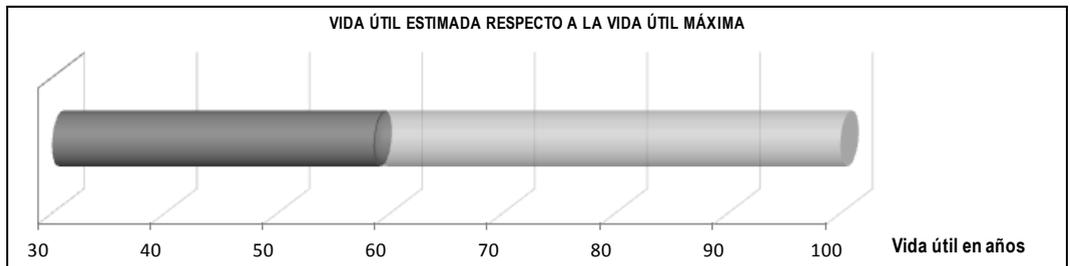
<b>Factor B: Nivel de diseño</b>	<b>B.1 Forma de la cubierta</b>	Forma de la cubierta irregular con ángulos en esquinas diferentes a 90° con esquinas con ángulos de 90° pero de forma no cuadrada o rectangular.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Forma de la cubierta básicamente cuadrada o rectangular con todos los ángulos de las esquinas de 90° pero con algunas hendiduras o salientes.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Forma de la cubierta totalmente cuadrada o rectangular sin hendiduras ni salientes.	<input type="checkbox"/>	1,011
	<b>B.2 Pendiente de la cubierta</b>	Pendiente de la cubierta mayor de 1% y menor de 2%.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Pendiente de la cubierta mayor de 2% y menor de 4%.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Pendiente de la cubierta mayor de 4% y menor de 5%.	<input type="checkbox"/>	1,011
	<b>B.3 Definición de los detalles constructivos</b>	No se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Se definen en proyecto todos los detalles siguientes: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1,011
	<b>B.4 Sistema de fijación de la impermeabilización</b>	Sistema de fijación de la impermeabilización adherido.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Sistema de fijación de la impermeabilización semiadherido.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Sistema de fijación de la impermeabilización no adherido o flotante.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,011
	<b>B.5 Sistema constructivo del peto de cubierta</b>	Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por una sola hoja de ladrillo cerámico o sistema equivalente.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas o sistema	<input type="checkbox"/>	1,000
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas y reforzado con pilastras o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1,011
	<b>B.6 Color de la protección</b>	Oscuro.	<input type="checkbox"/>	0,961
Medio.		<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
Claro.		<input type="checkbox"/>	1,011	
<b>Factor B: Nivel de diseño</b>				<b>0,90</b>
<b>Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras</b>	<b>C.1 Nivel de control en la ejecución de las obras</b>	Control de ejecución de las obras inferior al establecido en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Control de ejecución de las obras según se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Control de ejecución de las obras superior al que se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1,011
	<b>Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras</b>			

<b>Factor D: Condiciones interiores</b>	<b>D.1 Clase higrométrica</b>	Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 1 ó 2 (Zonas de almacenamiento, oficinas o tiendas).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 3 (viviendas de baja ocupación).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 4 o 5 (viviendas de alta ocupación, pabellones deportivos, cocinas, cantinas, edificios calefactados con estufas sin chimeneas de evacuación de humos, lavanderías, restaurantes, piscinas...etc).	<input type="checkbox"/>	1,011
<b>Factor D: Condiciones interiores</b>			<b>1,00</b>	

<b>Factor F: Condiciones de uso de la cubierta</b>	<b>F.1 Condiciones de acceso a la cubierta</b>	Cubierta transitable para vehículos o para usos deportivos.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Cubierta transitable para peatones o ajardinadas.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Cubierta no transitable o de acceso exclusivo para mantenimiento.	<input type="checkbox"/>	1,011
<b>Factor F: Condiciones de uso</b>			<b>1,00</b>	

<b>Factor G: Nivel de mantenimiento</b>	<b>G1. Accesibilidad de las instalaciones húmedas</b>	No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,000
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,011
	<b>G.2 Accesibilidad para el mantenimiento</b>	No se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta .	<input type="checkbox"/>	0,961
		Se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
	<b>G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento</b>	Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas .	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.		<input type="checkbox"/>	1,011	

<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA= factor A x factor B x factor C x factor E x factor F x factor G x Vida útil de referencia</b>	<b>59</b>
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÍNIMA</b>	<b>28</b>
<b>VIDA ÚTIL ESTIMADA MÁXIMA</b>	<b>100</b>



## **Observaciones**

Dados los datos obtenidos de la aplicación del método se deduce que de haberse utilizado en la etapa de proyecto podría haber incitado a los autores a modificar algunos aspectos del proyecto de cara a obtener un mejor resultado.

En fachada, por ejemplo, se podría haber utilizado morteros de mejores características, haber dispuesto las juntas de dilatación más próximas, haber diseñado un zócalo para proteger la parte inferior del edificio y/o haber provisto mecanismos de limpieza de fachada, entre otras medidas. En cubierta, por ejemplo, se podría haber recurrido a un geotextil como capa separadora, haber previsto un sistema constructivo del peto de cubierta de mejores características y/o haberse diseñado las instalaciones húmedas de fácil acceso para su revisión y mantenimiento.

De la misma forma, al observar los resultados obtenidos con la aplicación del método, los técnicos podrían haber consultado lo que variarían los datos en el caso de haber efectuado otra solución constructiva y comparar de esta forma cual de las soluciones se adecuaba más a sus circunstancias.

Como ya se ha apuntado en apartados anteriores, el método no tiene la intención de aportar datos exactos sobre la durabilidad de un sistema constructivo, sino permitir la comparación entre diferentes soluciones constructivas y guiar a los técnicos en la mejora de las soluciones escogidas respecto a su durabilidad.



## Anejo B Valoración de las fuentes utilizadas en el estudio multicriterio

	Afinidad del dato	Obsolescencia del dato	Fiabilidad de la fuente	Grado de especialización	PUNTUACIÓN
A systematic approach for maintenance budgeting of buildings facades based on predictive and preventive strategies (Portugal) 2010	Portugal	2010	Alta	Alto	
	3	3	3	2	11
Appropriate use of the ISO 15686-1 factor method for durability and service life prediction (Reino Unido) 2005	Reino Unido	2005	Media	Alto	
	2	2	2	2	8
ASHRAE Owning and operating cost database (EEUU) 2011	EEUU	2011	Media	Alto	
	2	3	2	2	9
Average life expectancy of all components in a house (EEUU) 2002	Estados Unidos	2002	Baja	Bajo	
	2	2	1	1	6
Average useful life of building sections (Suiza) 2005	Suiza	2005	Baja	Bajo	
	2	2	1	1	6
Catalogue d'éléments de construction (Suiza) 2009	Suiza	2009	Media	Bajo	
	2	3	2	1	8
Condition Assessment Survey (CAS) Manual (EEUU) 1993	EEUU	1993	Alta	Bajo	
	2	1	3	1	7
Construction Durability Database (Reino Unido) 2006	Reino Unido	2006	Alta	Alto	
	2	3	3	2	10
Control de calidad, comportamiento y durabilidad del sellado estructural con siliconas (EEUU) 2003	EEUU	2003	Media	Alto	
	2	2	2	2	8
CSA S478-95 Guideline on Durability in buildings (Canadá) 2007	Canadá	2007	Alta	Bajo	
	2	3	3	1	9
Developing an effective service life asset management and valuation model (Australia) 2007	Australia	2007	Baja	Bajo	
	1	3	1	1	6
Durability by design (EEUU) 2002	Estados Unidos	2002	Alta	Bajo	
	2	2	3	1	8
FABRICANTES Y ASOCIACIONES	España		Baja	Alto	
	3	2	1	2	8
Guide to durability of buildings and building elements, products and components (Reino Unido) 1992	Reino Unido	1992	Alta	Bajo	
	2	1	3	1	7
Guideline for sustainable building (Alemania) 2001	Alemania	2001	Alta	Bajo	
	2	2	3	1	8
Guideline for sustainable building (incluido en PU 10-139 Draft Final Desk Research on Durability of insulation product) (Alemania) 2001,	Alemania	2001	Alta	Alto	
	2	2	3	2	9

Guidelines for European technical approval (Europa) 1998-2010	Europe	1998-2010	Alta	Alto	
	2	1	3	2	8
HAPM Component Life Manual (Reino Unido) 1992	Reino Unido	1992	Alta	Bajo	
	2	1	3	1	7
Impermeabilización de cubiertas con materiales no bituminosos (España) 2004	España	2004	Media	Alto	
	3	2	2	2	9
Increasing the Durability of Building Constructions (EEUU) 2006	EEUU	2006	Media	Bajo	
	2	3	2	1	8
Indicative life expectancy for building services plant, equipment and systems (Reino Unido) 2000	Reino Unido	2000	Alta	Alto	
	2	2	3	2	9
International Association of Certified Home Inspectors InterNACHI (EEUU) 2012	EEUU	2012	Media	Bajo	
	2	3	2	1	8
Is PVC the bad boy of sustainable design? (EEUU) 2005	tados Unidos	2005	Baja	Alto	
	2	2	1	2	7
Juntas en la construcción y su correcto sellado (Colombia) 2006	Colombia	2006	Media	Alto	
	1	3	2	2	8
Life Expectancy of Building Components BCIS, Surveyors' experiences of buildings in use. A practical guide (Reino Unido) 2006	Reino Unido	2006	Alta	Alto	
	2	3	3	2	10
Life expectancy of home components (EEUU) 2007	tados Unidos	2007	Alta	Bajo	
	2	3	3	1	9
Maintenance, repair and replacement effects for building envelope materials (Canadá) 2002	Canada	2002	Media	Alto	
	2	2	2	2	8
Mantenimiento de los edificios (España) 1983	España	1983	Baja	Bajo	
	3	1	1	1	6
Mantenimiento y durabilidad de los elementos que forman una cubierta (Italia) 1984	Italia	1984	Baja	Bajo	
	3	1	1	1	6
Ontario housing corporation life expectancy guidelines (Canadá) 1996	Canada	1996	Alta	Bajo	
	2	1	3	1	7
Previsao da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes (Portugal) 2009	Portugal	2009	Alta	Alto	
	3	3	3	2	11
Repab Faktaböcker : Underhållskostnader – mark, bygg, måleri, installationer (suiza) 1997	Suiza	1997	Media	Bajo	
	2	1	2	1	6
Sangren Hall: Building Systems Life Cycle Summary (EEUU) 2005	EEUU	2005	Baja	Bajo	
	2	2	1	1	6
Selección de aislamiento para una mayor durabilidad en los componentes (Alemania) 2001	Alemania	2001	Media	Alto	
	2	2	2	2	8

## Anejo B Valoración de las fuentes utilizadas en el estudio multicriterio

Service life of multi-unit residential building elements and equipments (Canadá) 2000	Canada	2000	Alta	Bajo	
	2	2	3	1	8
Service life planning carried out in a building project (Suecia) 2003	Suecia	2003	Media	Bajo	
	2	2	2	1	7
Service life prediction of exterior cladding components (Israel) 2004	Israel	2004	Alta	Alto	
	1	2	3	2	8
The green guide to specification (third and fourth edition) (Reino Unido) 2002/2009	Reino Unido	2009	Alta	Bajo	
	2	3	3	1	9
Timber service life design guide (Australia) 2007	Australia	2007	Alta	Alto	
	1	3	3	2	9
Typical life expectancy of building components (Reino Unido) 2009	Reino Unido	2009	Baja	Bajo	
	2	3	1	1	7
UNE-EN 15459 Eficiencia energética de los edificios. (España) 2008	España	2008	Alta	Alto	
	3	3	3	2	11
Universidad Jaume I (España) 2012	España	2012	Media	Bajo	
	3	3	2	1	9
Vida útil ponderada de edificaciones tesis profesional (Costa Rica) 2005	Costa Rica	2005	Alta	Bajo	
	1	2	3	1	7
WI 00175150: Product category rules for wood and wood based products for Environmental Product Declaration Annex A (Europa) 2011	Europa	2011	Alta	Alto	
	2	3	3	2	10



## **Anejo C Cuestionario del método Delphi utilizado en la primera ronda y sus resultados**

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada pregunta del primer cuestionario. Estos resultados sirvieron de base para la segunda ronda de cuestionarios. Las respuestas aparecen por orden de importancia, en primer lugar la respuesta más mencionada, en segundo lugar la respuesta más mencionada tras la anterior, y así sucesivamente.

### **1 ¿Qué lesiones, en su opinión, se producen con mayor frecuencia en fachadas?**

Grietas y fisuras

Desprendimientos de revestimientos discontinuos o elementos de adorno

Humedades de filtración a través del paño ciego o a través de sus juntas

Humedades de condensación intersticial y/o superficial

Fisuras y/o desprendimientos en revestimientos continuos

Humedad por falta de estanqueidad en carpinterías

Oxidación y/o corrosión de elementos metálicos

Deterioro del aspecto exterior: suciedad, variación de color, etc.

Eflorescencias

Degradación de los materiales tales como erosiones o costras

### **2 ¿Qué lesiones, en su opinión, se producen con mayor frecuencia en cubiertas?**

Humedades por filtración de agua

Humedades por condensación

Obstrucción de sumideros y canalones por falta de mantenimiento

Rotura, deterioro y/o desplazamiento de la capa de impermeabilización

Falta de juntas de dilatación o mala ejecución y/o mantenimiento de las existentes

Degradación del material de protección en cubiertas planas

Desprendimiento de la protección en cubiertas inclinadas

Fisuras en antepechos

Filtración de agua a través de puntos singulares (encuentros con paramentos verticales, etc...)

Grietas y fisuras

**3 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿Cuáles de ellas cree usted que preocupan en mayor medida a los usuarios?**

Desprendimiento de acabados y elementos sueltos

Humedades

Fisuras, grietas, desplomes o deformaciones excesivas

Eflorescencias, presencia de moho, decoloración, suciedad...etc

Corrosión de armaduras

**4 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿Cuáles de ellas cree usted que preocupan en mayor medida a los usuarios?**

Humedades por filtración de agua

Desprendimiento de la protección en cubiertas inclinadas o albardillas en cubiertas planas

Humedades de condensación

Deformaciones del elemento estructural de soporte

Grietas y/o fisuras

**5 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿cuáles de ellas cree usted que pueden afectar a la seguridad?**

Desprendimientos de revestimientos o elementos sueltos

Fisuras, grietas, desplomes o deformaciones excesivas

Humedades

Procesos de corrosión

Falta de estabilidad geométrica del cerramiento sobre el forjado

**6 De las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿cuáles de ellas cree usted que pueden afectar a la seguridad?**

Humedades por filtración de agua

Desprendimiento de la protección en cubiertas inclinadas o albardillas en cubiertas planas

Inestabilidad de los antepechos por dilatación y contracción del tablero de cubierta

Rotura y/o desprendimiento de elementos anclados

Colapso por exceso de peso

**7 Por su experiencia, de las lesiones que se producen con mayor frecuencia en fachadas, ¿cuáles de ellas requieren de una mayor inversión para su reparación?**

Reparación o sustitución del acabado discontinuo

Grietas y/o deformaciones por movimientos estructurales o asentamiento de cimientos

Reparación o sustitución del acabado continuo

Humedades de filtración generalizadas

Humedades de condensación por fallo en el aislamiento térmico

**8 Por su experiencia, de las lesiones que se producen con mayor frecuencia en cubiertas, ¿cuáles de ellas requieren de una mayor inversión para su reparación?**

Humedades por filtración de agua

Reparación o sustitución de la protección en cubiertas inclinadas

Lesiones ocasionadas por sobrecargas

Reparación o sustitución de la protección en cubiertas planas

Mejora del aislamiento térmico

**9 ¿Qué factores cree usted que deben considerarse al evaluar la vida útil de una fachada?**

Calidad y durabilidad de los materiales empleados, especialmente de los de revestimiento

Tipología constructiva

Agentes climatológicos (lluvia, viento, soleamiento...)

Realización y seguimiento de un plan de mantenimiento

Impermeabilidad del sistema y correcto diseño del sistema de evacuación del agua

Localización del inmueble (zona geográfica, situación de exposición, orientación...)

Nivel de calidad de la ejecución y de su control

Aislamiento térmico evitando puentes térmicos

El diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Contaminación ambiental

**10 ¿Qué factores cree usted que deben considerarse al evaluar la vida útil de una cubierta?**

Calidad y durabilidad de los materiales empleados, especialmente de los de protección

Tipología constructiva

Realización y seguimiento de un plan de mantenimiento

Agentes climatológicos (lluvia, viento, soleamiento...)

Impermeabilidad del sistema

Localización del inmueble (zona geográfica, situación de exposición, orientación...)

Nivel de calidad de la ejecución y de su control

Correcto diseño del sistema de evacuación de agua: inclinación de faldones, sección de canalones..

El diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Uso

**11 ¿Qué factores cree usted que pueden incidir en el deterioro temprano de una fachada?**

Durabilidad de los materiales constituyentes del cerramiento, especialmente los de revestimiento

Defectos de ejecución

Falta de mantenimiento

Agentes climatológicos

Error de proyecto

Mal diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Tipología constructiva

Mal diseño del sistema de evacuación de agua

Falta del anclaje o mala adherencia de los acabados

Contaminación medioambiental

**12 ¿Qué factores cree usted que pueden incidir en el deterioro temprano de una cubierta?**

Falta de mantenimiento

Defectos de ejecución

Durabilidad de los materiales constituyentes de la cubierta, especialmente los de protección

Error de proyecto

Agentes climatológicos

Mal diseño del sistema de evacuación de aguas

Mal diseño de juntas de movimiento, dilatación y retracción

Uso inadecuado

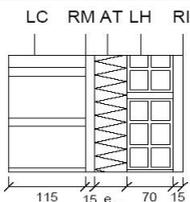
Tipología constructiva

Contaminación ambiental



## Anejo D Principales características de los factores considerados

### FACHADA DE FÁBRICA CERÁMICA CARA VISTA



LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo)

RM: Revestimiento intermedio

AT: Aislante no hidrófilo

LH: Fábrica de ladrillo hueco

RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado.

### FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIORES

#### E.1 CLASE DE AMBIENTE: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Ambiente marino o con polución industrial.

Medio urbano interior.

Medio rural interior sin polución.

#### Comentarios:

El Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico de Seguridad Estructural de fábrica, establece diferentes clases de exposición, tanto generales como específicas, pero, sin embargo, no establece una clasificación de los tipos de ambiente en función de la contaminación atmosférica, que pueda dar lugar a una elección rápida de la clase de ambiente por parte del técnico que está aplicando el método. Por ello, se ha recurrido a la bibliografía existente en la materia para establecer clasificaciones del tipo de ambiente en función de la contaminación atmosférica.

Concretamente, se ha recurrido a la norma "UNE-EN ISO 12944-2:1999 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes", donde se establece la clasificación de ambientes que se ha trasladado al factor E1. A continuación se realiza una exposición de la explicación de los tipos de ambiente contemplados en la norma UNE-EN ISO 12944-2 contenida en el libro "Corrosión metálica en construcción" (García Olmos 2012):

#### El ambiente rural

El denominado ambiente rural se correspondería con ambientes exentos de contaminación en proporciones apreciables y fuera de la influencia marina asimilándose a aires puros con la única variable de la humedad que puedan contener y la temperatura, complementándose el panorama con lluvias habituales exentas de impureza dignas de tener en cuenta.

#### El ambiente urbano

En el entorno de las ciudades de cierta entidad y habida cuenta de las emisiones de la concentración de tráfico y algunas instalaciones que queman combustibles fósiles, se puede considerar un ambiente más agresivo en especial por el carácter ácido que, en general, suponen estas emanaciones. La variabilidad de las concentraciones de agentes agresivos estará en función de muchos parámetros y en especial la ubicación del edificio respecto a las vías de mayor tráfico.

#### El ambiente marino

Se trata de ambientes en donde su proximidad al mar hace que puedan ser invadidos principalmente por cloruros de procedencia marina que habitualmente viajan disueltos en la neblina marina. Esto hace que sea complicado fijar una distancia costa adentro, dentro de la cual pueda considerarse que el ambiente va a ser agresivo. La capacidad de nebulización del mar en su choque con la costa y la acción de las corrientes del viento hacen que este efecto pueda adentrarse mucha distancia o llegar hasta determinada altura.

#### El ambiente industrial

La existencia de contaminantes en el aire, normalmente compuestos de azufre, cloro etc., en cantidades apreciables distinguen los denominados ambientes industriales que habitualmente se dan en las cercanías de complejos o factorías que emiten este tipo de productos a la atmósfera. En ocasiones no es una condición indispensable esa cercanía porque, al igual que para el ambiente marino, los vientos pueden acarrear las nubes de productos contaminantes a mucha distancia. Al contrario que en el ambiente marino, donde el ión cloruro es el agente preocupante, en los ambientes industriales los contaminantes pueden ser múltiples dependiendo del tipo de industria que los emite.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, 1999), (García Olmos 2012), (Flores Alés 1999), (María Esbert 1996),

## E.2 EXPOSICIÓ A LA RADIACIÓ

Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climàtica IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.

Fachada orientada a norte o en sombra todo el día.

Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona I, II o III (según CTE DB H5).

Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climàtica IV o V (según CTE DB H5) con sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.

### Comentarios:

La radiación incidente en la fachada viene determinada por su orientación y por la ubicación del edificio.

Para establecer los diferentes niveles de exposición a la radiación se ha tenido en cuenta que las fachadas con orientación este, oeste y/o sur reciben radiación solar a lo largo del día, pero, sin embargo, una fachada con orientación norte no recibe radiación solar directa en ningún momento del día.

Respecto al nivel de radiación en función de la ubicación del edificio donde está ubicada la fachada, se ha tenido en cuenta la clasificación por zonas climáticas en función de la radiación incidente global contenida en el Documento básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en su parte 5.

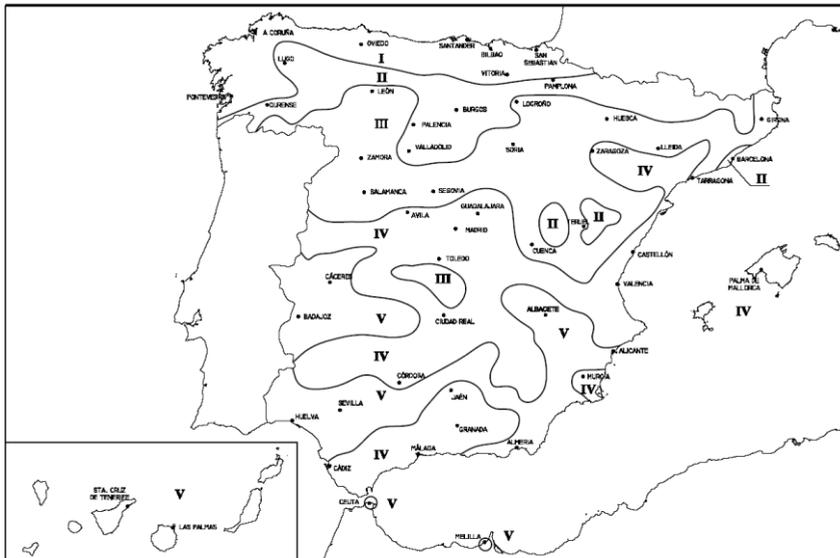


Figura 12 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006)

En el establecimiento de los niveles del factor E.2 se ha tenido en cuenta que para una fachada puede ser perjudicial tanto una exposición a la radiación elevada y continuada, como una ausencia de radiación continua.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

<b>E.3 FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN AL AGUA DE LLUVIA</b>
Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).
Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).
Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).

**Comentarios:**  
 La frecuencia de exposición al agua de lluvia viene determinada principalmente por el índice pluviométrico anual de la zona donde esté ubicada la fachada. Los niveles contenidos en el factor E.3 se han obtenido de la clasificación de zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad.

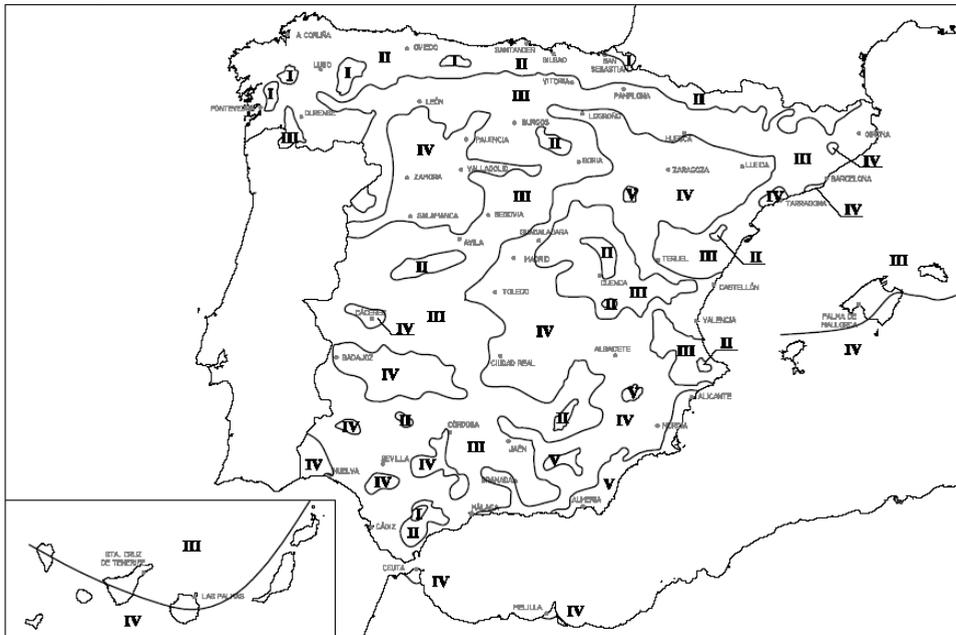


Figura 13 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006)

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

<b>E.4 GRADO DE EXPOSICIÓN AL VIENTO</b>
Grado de exposición al viento V1 (según CTE HS1).
Grado de exposición al viento V2 (según CTE HS1).
Grado de exposición al viento V3 (según CTE HS1).

**Comentarios:**  
 La influencia que el viento ejerce sobre las fachadas viene determinada por el grado de exposición de las mismas. Los niveles en relación al grado de exposición al viento contenidos en el factor E.4 se han obtenido de la clasificación del grado de exposición al viento que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad en función de la altura de coronación del edificio, de la zona eólica y de la clase de entorno.

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 – 100 <sup>(1)</sup>	V2	V2	V2	V1	V1	V1

Figura 14 - Grado de exposición al viento (Ministerio de Vivienda 2006)

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Monjo Carrió 2010)

## FACTOR A: CALIDAD DE LOS COMPONENTES

### A.1 RESISTENCIA AL HIELO/DESHIELO DE LAS PIEZAS CERÁMICAS

F0: exposición pasiva (Marcado CE).

F1: exposición moderada (Marcado CE).

F2: exposición severa (Marcado CE).

#### Comentarios:

Los ladrillos cerámicos caravista deben poseer obligatoriamente la calificación de "no heladizo" según la norma UNE 67019, por lo que no se ha tenido en cuenta la heladicidad de las piezas cerámicas por ser esta obligatoria.

Sin embargo, los ladrillos heladizos pueden tener diferente resistencia al hielo y deshielo. En este sentido, el marcado CE refleja tres niveles de resistencia al hielo/deshielo obtenidos de la norma UNE-EN 771-1:2003 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería:

- Ladrillos con uso en exposiciones severas (F2)

Son aquellos ladrillos cara vista que superen con éxito 25 ciclos del ensayo de heladicidad en cámara frigorífica con circulación de aire o sin circulación de aire según Norma UNE 67028.

- Ladrillos con uso en exposiciones moderadas (F1)

Son aquellos ladrillos cara vista, con un coeficiente de absorción de agua  $\geq 19\%$ , calculada según el Anexo C de la norma UNE EN 771-1 y resistencia característica normalizada a la compresión  $\geq 20,0$  N/mm<sup>2</sup>, que superen 15 ciclos del ensayo de heladicidad en cámara frigorífica con circulación de aire o sin circulación de aire según la norma UNE 67028 y no alcancen los 25 ciclos. Estos ladrillos podrán utilizarse en fachadas sometidas a exposición severa siempre y cuando se prevea una protección de la fábrica de acuerdo a lo establecido en el apartado B.3.3 de la norma UNE EN 771-1.

- Ladrillos con uso en exposiciones pasivas (F0)

Son aquellos ladrillos que no son F1 ni F2. Nunca estarán expuestos a heladas.

**Bibliografía:** (AENOR 2003), (López Sánchez, y otros 2003)

### A.2 IMPERMEABILIDAD DE LA FÁBRICA

No se utilizan ladrillos de baja succión, hidrofugados ni gresificados.

Uso de ladrillo de baja succión.

Uso de ladrillo hidrofugados, Clinker o gresificados.

#### Comentarios:

El comportamiento de los ladrillos expuestos al agua y/o la humedad depende de su capacidad de absorción y succión de agua, cuya evaluación se indica en las normas UNE 67027:1984 y UNE 67031:1985.

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece que cuando la hoja principal de la fachada sea de ladrillo cerámico, los ladrillos deben tener como máximo una succión de 0,45 g/(cm<sup>2</sup>·min).

Partiendo de esta condición, se establecen los siguientes tipos de ladrillo en función de su succión:

- Ladrillos de baja succión

Son los ladrillos que tienen una succión  $\leq 0,45$  g/(cm<sup>2</sup>·min) según el ensayo descrito en la norma UNE EN 772-11.

- Ladrillos hidrofugados

Son aquellos que se someten a un proceso que consiste en aplicar, por inmersión o por aspersión, un producto hidrofugante. Al hidrofugar un ladrillo no se elimina su capacidad de transpiración, ya que si bien aumenta su impermeabilidad al agua en estado líquido, se mantiene el paso de la misma en forma de vapor.

- Ladrillos clinker y gresificados

Son ladrillos cerámicos fabricados a partir de arcillas especiales que al ser cocidas a alta temperatura, cierran de tal forma su porosidad que dan como resultado un material con una absorción de agua  $\leq 6\%$  calculada según el Anexo C de la norma UNE EN 771-1 y una densidad absoluta  $\geq 2000$  kg/m<sup>3</sup> calculada según la norma UNE EN 772-13. Además de estas características, los ladrillos clinker deben tener una resistencia característica normalizada a compresión de 40 N/mm<sup>2</sup>.

A partir de esta clasificación se han establecido los diferentes niveles del factor A.2.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (López Sánchez, y otros 2003), (Hispalyt 1985)

### A.3 USO DE MORTEROS INDUSTRIALES

No se utilizan morteros industriales.

Uso de morteros industriales.

#### Comentarios:

Los morteros de albañilería pueden ser preparados "in situ" o preparados en fábrica (morteros industriales). La Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida, Hispalyt, afirma que los morteros preparados en fábrica dan unas garantías de calidad en cuanto a las características exigidas al mortero muy difícilmente obtenibles con un mortero hecho "in-situ".

**Bibliografía:** (Instituto de Ciencias de la Construcción E.Torroja 2008)

**A.4 CLASE DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA (no aplicable para morteros ligeros o de junta delgada)**

Mortero de clase M1 o M2,5.

Mortero de clase M5 (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).

Mortero de clase M7,5 o superior (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).

**Comentarios:**

Los morteros se designan por la letra M seguida de la resistencia a compresión en N/mm<sup>2</sup>.

Para establecer los niveles del factor A.4 se han analizado las clases de mortero de las que disponen los fabricantes de mortero de albañilería según la información facilitada por AFAM (Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero). En el análisis se ha concluido que se fabrican mayoritariamente morteros para albañilería de las clases M5 y M7,5. Se ha tenido en cuenta que emplear un M1 no es común porque apenas se fabrica, por lo que un M2,5 sería el mortero de menor clase utilizado actualmente. Siendo M5 lo estándar, por ser el que mayormente se fabrica, se ha premiado el uso de M7,5 teniendo en cuenta que esto significa que la resistencia de la fábrica debe de estar por encima de los niveles mínimos que se establecen en el Documento Básico de Seguridad Estructural de muros de fábrica del Código Técnico de la Edificación que establece que la resistencia a la compresión del mortero no debe ser superior al 0,75 de la resistencia normalizada de las piezas, por lo que si el mortero tiene 7,5 N/mm<sup>2</sup> de resistencia, la fábrica deberá ser de 10N/mm<sup>2</sup>, por encima de los 5N/mm<sup>2</sup> que se establecen como mínimo en la norma.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Asociación Nacional de fabricantes de mortero AFAM 2010)

**A.5 CONTENIDO EN SALES SOLUBLES ACTIVAS DE LAS PIEZAS CERÁMICAS**

Ladrillo de categoría S0 (Marcado CE).

Ladrillo de categoría S1 (Marcado CE).

Ladrillo de categoría S2 (Marcado CE).

**Comentarios:**

En el marcado CE de los ladrillos cerámicos se debe establecer la clase del contenido en sales solubles activas: Clases S0, S1 o S2. Las clases quedan establecidas en la norma UNE-EN 771-1:2003 y el ensayo debe efectuarse según la norma UNE-EN 772-5.

La necesidad de declarar la categoría de contenido de sales solubles activas, está orientada a asegurar que en las condiciones particulares de uso, no aparece deterioro alguno de las piezas, del mortero o del revoco (en caso de existir). Concretamente, el contenido de sales solubles se plantea como factor de cara a evitar las eflorescencias o criptoflorescencias en los ladrillos.

Las tres categorías dadas especifican los contenidos máximos de sulfatos solubles en agua (los de sodio, potasio y magnesio) para condiciones de uso en las que los riesgos de saturación puedan ser, desde una posible saturación prolongada (S2 con mortero que contenga cemento Portland ordinario, o S1, con mortero que contenga cemento resistente a los sulfatos o en primera capa de revoco), o bien, exposición normal cuando la fábrica esté protegida debido al diseño detallado del edificio (S1), hasta fábrica completamente seca (S0).

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 771-1:2003 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida 2003), (Flores Alés 1999), (María Esbert 1996), (Monjo Carrió, Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos 2010)

**A.6 EFLORESCIBILIDAD DE LAS PIEZAS CERÁMICAS**

Ladrillo ligeramente eflorescido.

Ladrillo no eflorescido.

**Comentarios:**

La norma UNE 67029:1996EX establece que es obligatorio para ladrillos caravista ser no eflorescido o ligeramente eflorescido. Se establecen dos niveles del factor A.6, penalizando el uso de ladrillos ligeramente eflorescidos.

**Bibliografía:** (Fombella Guillém 1997)

## A.7 RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

Elementos metálicos presentes en fachada sin protección.

Elementos metálicos presentes en fachada protegidos (acero galvanizado o aluminio anodizado o lacado).

Elementos metálicos presentes en fachada de acero inoxidable o inexistencia de elementos metálicos en fachada.

### Comentarios:

Es tradicional, en nuestro país, el empleo de metales en rejas, barandillas y verjas constituidas principalmente por aceros y hierros forjados en sus diferentes variantes. En menor medida se han ido introduciendo otros metales como el aluminio y el acero inoxidable. Estos elementos están en contacto con el medio ambiente que, dependiendo de la ubicación del edificio y de otras circunstancias, va a suponer un estado prácticamente continuo de agresión. De su comportamiento ante los fenómenos de corrosión va a depender el futuro de las soluciones metálicas empleadas.

Se han establecido tres niveles de resistencia a la oxidación de los elementos metálicos, dependiendo de si el elemento está protegido y de la resistencia a la oxidación del propio material.

**Bibliografía:** (García Olmos 2012)

## FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO

### B.1 GRADO DE IMPERMEABILIDAD DE LA FACHADA

Grado de impermeabilidad 1 ó 2 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.

Grado de impermeabilidad 3 ó 4 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.

Grado de impermeabilidad 5 (según CTE DB HS1).

### Comentarios:

Los niveles contenidos en el factor B1 se han obtenido de los grados de impermeabilidad de fachadas que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad. Se ha hecho un estudio para comprobar el grado de impermeabilidad que podría corresponder a una fachada del tipo en estudio y se ha concluido que en función de las características de la fachada se podrían obtener diferentes grados de impermeabilidad. El grado de impermeabilidad variará en función de las siguientes condiciones de la fachada:

- Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua.
- Higroscopicidad del material componente de la hoja principal.
- Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal.
- Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

### B.2 DISTANCIA ENTRE JUNTAS DE MOVIMIENTO VERTICALES

Distancia entre juntas de movimiento verticales mayor de 15 metros.

Distancia entre juntas de movimiento verticales entre 12 y 15 metros.

Distancia entre juntas de movimiento verticales menor de 12 metros.

### Comentarios:

El Código Técnico de la Edificación establece en el Documento Básico de Seguridad Estructural de Fábrica que se deben disponer juntas de movimiento para permitir dilataciones térmicas y por humedad, fluencia y retracción, las deformaciones por flexión y los efectos de las tensiones internas producidas por cargas verticales o laterales, sin que la fábrica sufra daños, teniendo en cuenta, para las fábricas sustentadas de ladrillo cerámico, distancias de entre 8 y 30 metros en función de la retracción final del ladrillo y de la expansión final por humedad.

Asimismo, el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece que deben disponerse juntas de dilatación en la hoja principal de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea como máximo 12 metros para fábricas de arcilla cocida.

Por otro lado, el Eurocódigo 6 en su Parte 2 fija como máximo juntas cada 12 m, en paños centrales y cada 6 m. en paños que tengan limitada la libertad de movimiento, tales como las esquinas.

En el cuaderno Intemac N°44, Juntas de dilatación en cerramientos de fachada de ladrillo. Distancias, detalles constructivos y ejecución", se afirma que la distancia máxima entre juntas verticales en fachadas de ladrillo cerámico no debe sobrepasar los 12 metros en paños rectos, pudiéndose aumentar dicha distancia máxima hasta los 15 metros en paños intermedios, cuando las fachadas no estén expuestas al soleamiento.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se han establecido tres niveles para el factor B2.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Comité Europeo de Normalización 1996), (Luzón Cánovas, y otros 2001), (Puertas del Río y Blanco Perrin 2003)

**B.3 CORRECTA DISPOSICIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABLES**

No se disponen láminas impermeables en todas las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.

Se disponen láminas impermeables en todas las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.

En el proyecto se definen los detalles constructivos adecuados que impidan el paso del agua de lluvia al interior del edificio a través de la colocación de láminas impermeables en el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.

**Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece las zonas de la fachada donde, como mínimo, deben colocarse láminas impermeables, pero, sin embargo, no obliga a aportar documentación gráfica de los detalles constructivos donde se ven involucradas esas láminas impermeables, lo que deriva en muchos casos en una defectuosa colocación de éstas.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se han establecido los niveles para el factor B.3, en función de la ubicación de las láminas impermeables y de la definición de los detalles constructivos donde se ven involucradas.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

**B.4 RIGIDIZACIÓN TRANSVERSAL DE LOS PAÑOS DE FACHADA**

No existe rigidización de los paños de fachada.

Rigidización transversal de aquellos paños de fachada cuya longitud supere el doble de la altura.

Rigidización transversal de todos los paños de fachada.

**Comentarios:**

En el Cuaderno N°6 de INTEMAC, "Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo", se propone, como modo de evitar las fisuras debidas a la falta de rigidización, rigidizar transversalmente las fábricas de ladrillo de medio pie de espesor cuando la longitud del paño supere el doble de la altura en el caso de alturas de paño de hasta 3-4 metros.

Asimismo, en el libro "Curso de tipología, patología y terapéutica de las humedades", se recomienda aplicar la misma regla, de no superar en longitud el doble de la altura sin rigidización.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se han establecido tres niveles para el factor B.4.

**Bibliografía:** (López Sánchez, y otros 2003), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993)

**B.5 SITUACIÓN DE LA HOJA EXTERIOR DE LADRILLO**

Hoja exterior apoyada en la estructura horizontal.

Hoja exterior corrida por delante de la estructura del edificio.

**Comentarios:**

Las fachadas de ladrillo visto han evolucionado reduciendo su espesor progresivamente. De las primeras fachadas, realizadas con un pie y con vuelo de  $\frac{1}{4}$  de pie se ha pasado sucesivamente a la situación actual de  $\frac{1}{2}$  pie a soga sin ninguna pilastra. Esta evolución no ha hecho más que orientar sistemáticamente las fachadas hacia la inestabilidad.

Un insuficiente apoyo de la fábrica en la estructura horizontal resistente puede motivar la aparición de fisuras y, en último caso, el desprendimiento del paño mal apoyado.

En el Cuaderno N°6 de INTEMAC, "Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo", para garantizar una correcta estabilidad se considera conveniente el apoyar al menos las dos terceras partes del espesor de la fábrica. Sin embargo, tal como afirma Miguel Ángel Mora en el documento "Estudio sobre la estabilidad estática de los cerramientos de ladrillo cerámico en la zona del frente de forjado. Solución mediante el apoyo de la fábrica en angulares metálicos fijados a la imposta del forjado con anclajes mecánicos homologados", la imposibilidad de lograr un plano vertical del frente de la estructura sin errores de ejecución conduce a que las fábricas diseñadas con un apoyo de las dos terceras partes se encuentren sin apoyo.

Teniendo en cuenta lo nombrado anteriormente, en el factor B.5 se ha premiado el ejecutar una hoja exterior corrida por delante de la estructura del edificio de cara a evitar la falta de apoyo de la hoja exterior de ladrillo.

**Bibliografía:** (López Sánchez, y otros 2003), (Mora Maiz 2008), (Adell Argilés 2000)

## B.6 COLOR DE LA FÁBRICA

Oscuro.

Medio.

Claro.

### **Comentarios:**

Las fábricas de colores oscuros alcanzan mayores temperaturas y son más proclives a sufrir lesiones favorecidas por temperaturas elevadas del paño de fábrica.

**Bibliografía:** (Monjo Carrió, Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos 2010)

## FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### C.1 NIVEL DE CONTROL EN LA EJECUCIÓN

Categoría de ejecución C (según el CTE DB SE-F).

Categoría de ejecución B (según el CTE DB SE-F).

Categoría de ejecución A (según el CTE DB SE-F).

### **Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece tres categorías de ejecución. En el factor C1 se han trasladado las tres categorías asimilándose a los tres niveles.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

### C.2 USO DE ADITIVOS RETARDADORES EN EL MORTERO DE LA FÁBRICA

Uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica.

No uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica.

### **Comentarios:**

En el Cuaderno N°6 de INTEMAC, "Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo", se afirma que la mayoría de las lesiones localizadas en los morteros de fábrica de ladrillo pueden ser debidas al empleo, cada vez más extendido, de morteros preamasados con un alto contenido en aditivos retardadores, que permiten un tiempo de uso que en algunos casos alcanza o incluso puede superar las 45 horas. Estos productos antes de iniciar su fraguado y endurecimiento están expuestos a las variaciones climatológicas durante un periodo de tiempo elevado, lo cual puede facilitar la aireación superficial y la evaporación del agua de amasado.

Por lo tanto se ha penalizado en los niveles establecidos para el factor C.2 el uso de aditivos retardadores en el mortero de la fábrica.

**Bibliografía:** (López Sánchez, y otros 2003)

## FACTOR F: CONDICIONES DE USO

### F.1 CONDICIONES DE USO

Edificio con uso comercial, situado en zona de mucho tránsito peatonal y/o con posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.

Edificio sin uso comercial, no situado en zona de mucho tránsito peatonal y sin posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.

**Bibliografía:** (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002)

**FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO****G.1 ACCESIBILIDAD DE LAS INSTALACIONES HÚMEDAS**

No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

**Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Seguridad Estructural de Fábrica establece que en el proyecto se debe prever el acceso a aquellas zonas que se consideren más expuestas al deterioro, tanto por agentes exteriores, como por el propio uso del edificio (zonas húmedas), y en función de la adecuación de la solución proyectada (cámaras ventiladas, barreras antihumedad, barreras anticondensación).

Teniendo en cuenta que las instalaciones húmedas tienen una vida útil menor que la fachada, y que un mal mantenimiento de estas puede ocasionar lesiones graves en la misma, se ha considerado de especial importancia la accesibilidad a este tipo de instalaciones.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

**G.2 INCORPORACIÓN DE MECANISMOS PARA LA LIMPIEZA DE LA FACHADA**

No se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.

Se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.

**Comentarios:**

En el factor G.2 se han establecido dos niveles respecto a la incorporación de mecanismos para la limpieza de la fachada partiendo de la premisa que una mayor accesibilidad de la fachada para su limpieza puede favorecer el acometimiento de la misma y de un mantenimiento regular por parte de los usuarios del edificio.

**G.3 NIVEL DE PROFUNDIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas.

Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.

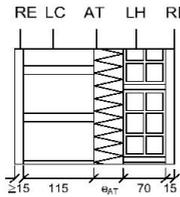
**Comentarios:**

En el factor G.3 se han establecido dos niveles partiendo de la premisa que un estudio más exhaustivo y particularizado de la solución constructiva utilizada en el desarrollo del plan de mantenimiento puede generar operaciones de mantenimiento más adaptadas a la solución y que por lo tanto favorezcan en mayor medida una mayor durabilidad de la fachada.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)



## FACHADAS CON REVESTIMIENTO CONTINUO



RE: Revestimiento exterior continuo

LC: Fábrica de ladrillo cerámico

AT: Aislante no hidrófilo

LH: Fábrica de ladrillo hueco

RI Revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado

## FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIORES

### E.1 CLASE DE AMBIENTE: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Ambiente marino o con polución industrial.

Medio urbano interior.

Medio rural interior sin polución.

#### Comentarios:

El Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico de Seguridad Estructural de fábrica, establece diferentes clases de exposición, tanto generales como específicas, pero, sin embargo, no establece una clasificación de los tipos de ambiente en función de la contaminación atmosférica, que pueda dar lugar a una elección rápida de la clase de ambiente por parte del técnico que está aplicando el método. Por ello, se ha recurrido a la bibliografía existente en la materia para establecer clasificaciones del tipo de ambiente en función de la contaminación atmosférica.

Concretamente, se ha recurrido a la norma "UNE-EN ISO 12944-2:1999 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes", donde se establece la clasificación de ambientes que se ha trasladado al factor E1. A continuación se realiza una exposición de la explicación de los tipos de ambiente contemplados en la norma contenida en el libro "Corrosión metálica en construcción" (García Olmos 2012):

#### El ambiente rural

El denominado ambiente rural se correspondería con ambientes exentos de contaminación en proporciones apreciables y fuera de la influencia marina asimilándose a aires puros con la única variable de la humedad que puedan contener y la temperatura, complementándose el panorama con lluvias habituales exentas de impureza dignas de tener en cuenta.

#### El ambiente urbano

En el entorno de las ciudades de cierta entidad y habida cuenta de las emisiones de la concentración de tráfico y algunas instalaciones que queman combustibles fósiles, se puede considerar un ambiente más agresivo en especial por el carácter ácido que, en general, suponen estas emanaciones. La variabilidad de las concentraciones de agentes agresivos estará en función de muchos parámetros y en especial la ubicación del edificio respecto a las vías de mayor tráfico.

#### El ambiente marino

Se trata de ambientes en donde su proximidad al mar hace que puedan ser invadidos principalmente por cloruros de procedencia marina que habitualmente viajan disueltos en la neblina marina. Esto hace que sea complicado fijar una distancia costa adentro, dentro de la cual pueda considerarse que el ambiente va a ser agresivo. La capacidad de nebulización del mar en su choque con la costa y la acción de las corrientes del viento hacen que este efecto pueda adentrarse mucha distancia o llegar hasta determinada altura.

#### El ambiente industrial

La existencia de contaminantes en el aire, normalmente compuestos de azufre, cloro etc., en cantidades apreciables distinguen los denominados ambientes industriales que habitualmente se dan en las cercanías de complejos o factorías que emiten este tipo de productos a la atmósfera. En ocasiones no es una condición indispensable esa cercanía porque, al igual que para el ambiente marino, los vientos pueden acarrear las nubes de productos contaminantes a mucha distancia. Al contrario que en el ambiente marino, donde el ión cloruro es el agente preocupante, en los ambientes industriales los contaminantes pueden ser múltiples dependiendo del tipo de industria que los emite.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, 1999), (García Olmos 2012), (Flores Alés 1999), (María Esbert 1996),

## E.2 EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN

Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.

Fachada orientada a norte o en sombra todo el día.

Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona I, II o III (según CTE DB H5).

Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) con sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.

### Comentarios:

La radiación incidente en la fachada viene determinada por su orientación y por la ubicación del edificio.

Para establecer los diferentes niveles de exposición a la radiación se ha tenido en cuenta que las fachadas con orientación este, oeste y/o sur reciben radiación solar a lo largo del día, pero, sin embargo, una fachada con orientación norte no recibe radiación solar directa en ningún momento del día.

Respecto al nivel de radiación en función de la ubicación del edificio donde está ubicada la fachada, se ha tenido en cuenta la clasificación por zonas climáticas en función de la radiación incidente global contenida en el Documento básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en su parte 5.

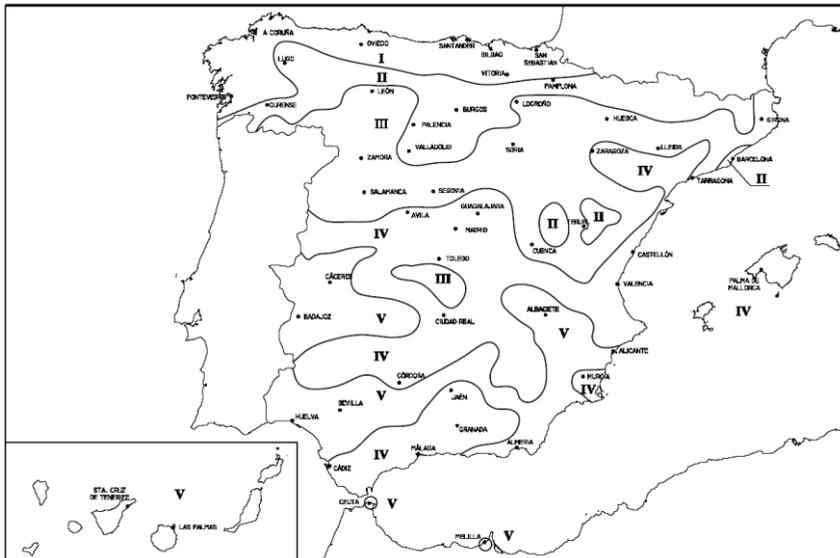


Figura 15 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006)

En el establecimiento de los niveles del factor E.2 se ha tenido en cuenta que para una fachada puede ser perjudicial tanto una exposición a la radiación elevada y continuada, como una ausencia de radiación continua.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

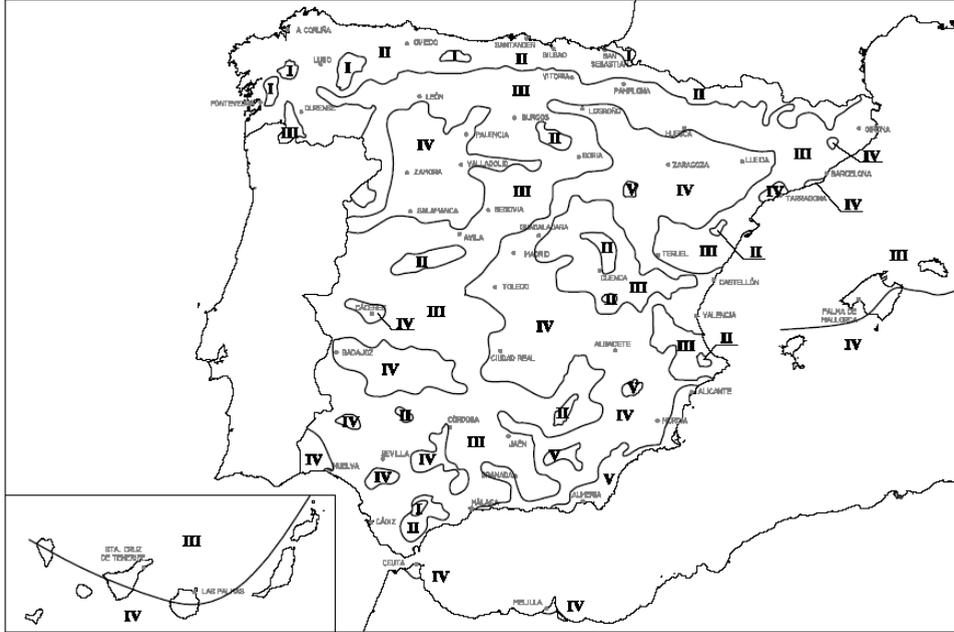
**E.3 FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN AL AGUA DE LLUVIA**

Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).

Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).

Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).

**Comentarios:**  
 La frecuencia de exposición al agua de lluvia viene determinada principalmente por el índice pluviométrico anual de la zona donde esté ubicada la fachada. Los niveles contenidos en el factor E.3 se han obtenido de la clasificación de zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad.



**Figura 16 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006)**

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

**E.4 GRADO DE EXPOSICIÓN AL VIENTO**

Grado de exposición al viento V1 (según CTE HS1).

Grado de exposición al viento V2 (según CTE HS1).

Grado de exposición al viento V3 (según CTE HS1).

**Comentarios:**  
 La influencia que el viento ejerce sobre las fachadas viene determinada por el grado de exposición de las mismas. Los niveles en relación al grado de exposición al viento contenidos en el factor E.4 se han obtenido de la clasificación del grado de exposición al viento que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad en función de la altura de coronación del edificio, de la zona eólica y de la clase de entorno.

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 – 100 <sup>(1)</sup>	V2	V2	V2	V1	V1	V1

**Figura 17 - Grado de exposición al viento (Ministerio de Vivienda 2006)**

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Monjo Carrió, Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos 2010)

### E.5 CONDICIONES PREVISTAS DE PUESTA EN OBRA

Possibilidad de temperaturas por debajo de 5° o por encima de 30° en la ejecución del revestimiento de fachada.

Escasa o ninguna posibilidad de temperaturas por debajo de 5° o por encima de 30° en la ejecución de la fachada.

#### Comentarios:

La bibliografía consultada en relación a las condiciones necesarias de puesta en obra de los revestimientos continuos de fachada coincide en establecer que para la aplicación del revestimiento es recomendable que la temperatura del soporte no sea inferior a 5° C ni sobrepase los 30° C de cara a evitar futuras lesiones.

**Bibliografía:** (ANFAPA 2008), (Pérez Navarro, y otros 2007)

## FACTOR A: CALIDAD DE LOS COMPONENTES

### A.1 HELADICIDAD DE LAS PIEZAS CERÁMICAS

Ladrillo heladizo.

Ladrillo no heladizo.

#### Comentarios:

Los ladrillos caravista tienen la obligación de estar clasificados como no heladizos según el pliego general de condiciones para la recepción de los ladrillos cerámicos en las obras de construcción RL-88, sin embargo, los ladrillos revestidos pueden estar clasificados como heladizos. La norma "UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior" en su parte 1, establece que un paramento sobre el que se aplica el revoco que no es resistente al hielo influye en su durabilidad.

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 1: Revoco exterior 2006), (Minis. de Relac. con las Cor. y de la Secr. del G. 1988)

### A.2 PERMEABILIDAD AL AGUA DEL MORTERO DE REVESTIMIENTO

Mortero de categoría W0 en absorción de agua (Marcado CE).

Mortero de categoría W1 en absorción de agua (Marcado CE).

Mortero de categoría W2 en absorción de agua (Marcado CE).

#### Comentarios:

La Norma "UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería" clasifica, de acuerdo a tres intervalos, la permeabilidad al agua según la siguiente tabla:

Propiedades	Categorías	Valores
Absorción de agua por capilaridad	W 0	no especificado
	W 1	$c \leq 0,40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$
	W 2	$c \leq 0,20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$

**Figura 18 - Clasificación de las propiedades del mortero endurecido (AENOR, UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido 2010)**

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido 2010), (AENOR, UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 1: Revoco exterior 2006)

### A.3 USO DE MORTEROS INDUSTRIALES

No se utilizan morteros industriales.

Uso de morteros industriales.

#### Comentarios:

Los morteros de albañilería pueden ser preparados "in situ" o preparados en fábrica (morteros industriales). La Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida, Hispalyt, afirma que los morteros preparados en fábrica dan unas garantías de calidad en cuanto a las características exigidas al mortero muy difícilmente obtenibles con un mortero hecho "in-situ".

**Bibliografía:** (Instituto de Ciencias de la Construcción E.Torroja 2008)

**A.4 CLASE DEL MORTERO DE JUNTAS (no aplicable para morteros ligeros o de junta delgada)**

Mortero de clase M1 o M2,5.

Mortero de clase M5 (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).

Mortero de clase M7,5 o superior (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).

**Comentarios:**

Los morteros se designan por la letra M seguida de la resistencia a compresión en N/mm<sup>2</sup>.

Para establecer los niveles del factor A.4 se han analizado las clases de mortero de las que disponen los fabricantes de mortero de albañilería según la información facilitada por AFAM (Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero). En el análisis se ha concluido que se fabrican mayoritariamente morteros para albañilería de las clases M5 y M7,5. Se ha tenido en cuenta que emplear un M1 no es común porque apenas se fabrica, por lo que un M2,5 sería el mortero de menor clase utilizado actualmente. Siendo M5 lo estándar, por ser el que mayormente se fabrica, se ha premiado el uso de M7,5 teniendo en cuenta que esto significa que la resistencia de la fábrica debe de estar por encima de los niveles mínimos que se establecen en el Documento Básico de Seguridad Estructural de muros de fábrica del Código Técnico de la Edificación que establece que la resistencia a la compresión del mortero no debe ser superior al 0,75 de la resistencia normalizada de las piezas, por lo que si el mortero tiene 7,5 N/mm<sup>2</sup> de resistencia, la fábrica deberá ser de 10N/mm<sup>2</sup>, por encima de los 5N/mm<sup>2</sup> que se establecen como mínimo en la norma.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Asociación Nacional de fabricantes de mortero AFAM 2010)

**A.5 CONTENIDO EN SALES SOLUBLES ACTIVAS DE LAS PIEZAS CERÁMICAS**

Ladrillo de categoría S0 (Marcado CE).

Ladrillo de categoría S1 (Marcado CE).

Ladrillo de categoría S2 (Marcado CE).

**Comentarios:**

En el mercado CE de los ladrillos cerámicos se debe establecer la clase del contenido en sales solubles activas: Clases S0, S1 o S2. Las clases quedan establecidas en la norma UNE-EN 771-1:2003 y el ensayo debe efectuarse según la norma UNE-EN 772-5.

La necesidad de declarar la categoría de contenido de sales solubles activas está orientada a asegurar que en las condiciones particulares de uso, no aparece deterioro alguno de las piezas, del mortero o del revoco.

Concretamente, el contenido de sales solubles se plantea como factor de cara a evitar las eflorescencias o criptoeflorescencias en los ladrillos.

Las tres categorías dadas especifican los contenidos máximos de sulfatos solubles en agua (los de sodio, potasio y magnesio) para condiciones de uso en las que los riesgos de saturación puedan ser, desde una posible saturación prolongada (S2 con mortero que contenga cemento Portland ordinario, o S1, con mortero que contenga cemento resistente a los sulfatos o en primera capa de revoco), o bien, exposición normal cuando la fábrica esté protegida debido al diseño detallado del edificio (S1), hasta fábrica completamente seca (S0).

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 771-1:2003 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida 2003), (Flores Alés 1999), (María Esbert 1996), (Monjo Carrió, Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos 2010)

**A.6 TIPO DE MORTERO DE REVESTIMIENTO**

Categoría CSI o CSII (UNE-EN 998-1:2010).

Categoría CSIII (UNE-EN 998-1:2010).

Categoría CSIV (UNE-EN 998-1:2010).

**Comentarios:**

En la Norma "UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería" se establecen cuatro grupos de morteros de revestimiento diferenciados por intervalos de resistencia.

Propiedades	Categorías	Valores
Intervalo de resistencia a compresión a 28 días	CS I	0,4 N/mm <sup>2</sup> a 2,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS II	1,5 N/mm <sup>2</sup> a 5,0 N/mm <sup>2</sup>
	CS III	3,5 N/mm <sup>2</sup> a 7,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS IV	≥ 6 N/mm <sup>2</sup>

**Figura 19 - Clasificación de las propiedades del mortero endurecido (AENOR, UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido 2010)**

AFAM (Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero) recomienda el uso en exterior de las categorías CSIII o CSIV, pues su dosificación rica en conglomerante facilita una masa mejor cohesionada y mayor respuesta a cambios ambientales. Sin embargo, los morteros de clases CS I y CS II, se destinan a uso interior, por ser morteros menos cohesionados, no adecuados para soportar cambios ambientales bruscos o extremos.

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería. 2010)

### A.7 RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

Elementos metálicos presentes en fachada sin protección.

Elementos metálicos presentes en fachada protegidos (acero galvanizado o aluminio anodizado o lacado).

Elementos metálicos presentes en fachada de acero inoxidable o inexistencia de elementos metálicos en fachada.

#### Comentarios:

Es tradicional, en nuestro país, el empleo de metales en rejas, barandillas y verjas constituidas principalmente por aceros y hierros forjados en sus diferentes variantes. En menor medida se han ido introduciendo otros metales como el aluminio y el acero inoxidable. Estos elementos están en contacto con el medio ambiente que, dependiendo de la ubicación del edificio y de otras circunstancias, va a suponer un estado prácticamente continuo de agresión. De su comportamiento ante los fenómenos de corrosión va a depender el futuro de las soluciones metálicas empleadas.

Se han establecido tres niveles de resistencia a la oxidación de los elementos metálicos, dependiendo de si el elemento está protegido y de la resistencia a la oxidación del propio material.

**Bibliografía:** (García Olmos 2012)

### A.8 TIPO DE REVESTIMIENTO

Revestimiento a base de pintura al aceite, a la cal o al cemento sobre mortero de cemento.

Revestimiento a base de pinturas al silicato de potasio o plásticas sobre mortero de cemento.

Revestimiento a base de mortero monocapa.

#### Comentarios:

Tras consultar bibliografía referente al comportamiento de los diferentes tipos de revestimiento en relación a su durabilidad, se han establecido tres niveles de calidad. A continuación se describen las propiedades de los tipos:

- Pintura al aceite: Resistencia al roce, amarilleando sensiblemente con el paso del tiempo.
- Pintura a la cal: Buen comportamiento a la intemperie, endureciendo con la humedad y el tiempo.
- Pintura al cemento: absorbente, dura y con buena resistencia a la intemperie.
- Pintura al silicato: algo absorbente, dura y de gran resistencia a la intemperie.
- Pintura plástica: Buena resistencia al roce y el lavado. Gran resistencia a la intemperie.
- Mortero monocapa: garantiza adherencia, impermeabilidad, dureza y estabilidad y son permeables al vapor de agua. Ofrecen gran resistencia a la intemperie

**Bibliografía:** (Jiménes López 2005)

### A.9 TIPO DE ACABADO DEL REVESTIMIENTO

Acabado liso.

Acabado raspado, texturizado u otros acabados rugosos.

#### Comentarios:

La norma "UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior" en su parte 1 establece que las superficies lisas son más propensas a la fisuración.

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 1: Revoco exterior 2006)

## FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO

### B.1 GRADO DE IMPERMEABILIDAD DE LA FACHADA

Grado de impermeabilidad 1 ó 2 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.

Grado de impermeabilidad 3 ó 4 (según CTE DB HS1), siempre que cumpla el grado de impermeabilidad mínimo exigido por la norma.

Grado de impermeabilidad 5 (según CTE DB HS1).

#### Comentarios:

Los niveles contenidos en el factor B.1 se han obtenido de los grados de impermeabilidad de fachadas que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad. Se ha hecho un estudio para comprobar el grado de impermeabilidad que podría corresponder a una fachada del tipo en estudio y se ha concluido que en función de las características de la fachada se podrían obtener diferentes grados de impermeabilidad. El grado de impermeabilidad variará en función de las siguientes condiciones de la fachada:

- Resistencia a la filtración del revestimiento exterior.
- Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua.
- Higroscopicidad del material componente de la hoja principal.
- Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal.
- Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

<b>B.2 DISTANCIA ENTRE JUNTAS DE MOVIMIENTO VERTICALES</b>
Distancia entre juntas de movimiento verticales mayor de 15 metros.
Distancia entre juntas de movimiento verticales entre 12 y 15 metros.
Distancia entre juntas de movimiento verticales menor de 12 metros.
<b>Comentarios:</b> El Código Técnico de la Edificación establece en el Documento Básico de Seguridad Estructural de Fábrica que se deben disponer juntas de movimiento para permitir dilataciones térmicas y por humedad, fluencia y retracción, las deformaciones por flexión y los efectos de las tensiones internas producidas por cargas verticales o laterales, sin que la fábrica sufra daños, teniendo en cuenta, para las fábricas sustentadas de ladrillo cerámico, distancias de entre 8 y 30 metros en función de la retracción final del ladrillo y de la expansión final por humedad. Asimismo, el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece que deben disponerse juntas de dilatación en la hoja principal de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea como máximo 12 metros para fábricas de arcilla cocida. Por otro lado, el Eurocódigo 6 en su Parte 2 fija como máximo juntas cada 12 m, en paños centrales y cada 6 m. en paños que tengan limitada la libertad de movimiento, tales como las esquinas. En el cuaderno Intemac N°44, "Juntas de dilatación en cerramientos de fachada de ladrillo. Distancias, detalles constructivos y ejecución", se afirma que la distancia máxima entre juntas verticales en fachadas de ladrillo cerámico no debe sobrepasar los 12 metros en paños rectos, pudiéndose aumentar dicha distancia máxima hasta los 15 metros en paños intermedios, cuando las fachadas no estén expuestas al soleamiento. Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se han establecido tres niveles para el factor B.2.
<b>Bibliografía:</b> (Ministerio de Vivienda 2006), (Comité Europeo de Normalización 1996), (Luzón Cánovas, y otros 2001), (Puertas del Río y Blanco Perrín 2003)
<b>B.3 CORRECTA DISPOSICIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABLES</b>
No se disponen láminas impermeables en todas las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.
Se disponen láminas impermeables en todas las ubicaciones siguientes: el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.
En el proyecto se definen los detalles constructivos adecuados que impidan el paso del agua de lluvia al interior del edificio a través de la colocación de láminas impermeables en el arranque de la fábrica, en los encuentros de la fábrica con el forjado, en los encuentros de la fábrica con superficies horizontales o terreno, en los dinteles, en las jambas y en los antepechos.
<b>Comentarios:</b> El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece las zonas de la fachada donde, como mínimo, deben colocarse láminas impermeables, pero, sin embargo, no obliga a aportar documentación gráfica de los detalles constructivos donde se ven involucradas esas láminas impermeables, lo que deriva en muchos casos en una defectuosa colocación de las láminas impermeables. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se han establecido los niveles para el factor B.3, en función de la ubicación de las láminas impermeables y de la definición de los detalles constructivos donde se ven involucradas.
<b>Bibliografía:</b> (Ministerio de Vivienda 2006)
<b>B.4 RIGIDIZACIÓN TRANSVERSAL DE LOS PAÑOS DE FACHADA</b>
No existe rigidización de los paños de fachada.
Rigidización transversal de aquellos paños de fachada cuya longitud supere el doble de la altura.
Rigidización transversal de todos los paños de fachada.
<b>Comentarios:</b> En el Cuaderno N°6 de INTEMAC, "Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo", se propone, como modo de evitar las fisuras debidas a la falta de rigidización, rigidizar transversalmente las fábricas de ladrillo de medio pie de espesor cuando la longitud del paño supere el doble de la altura en el caso de alturas de paño de hasta 3-4 metros. Asimismo, en el libro "Curso de tipología, patología y terapéutica de las humedades", se recomienda aplicar la misma regla, de no superar en longitud el doble de la altura sin rigidización. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se han establecido tres niveles para el factor B.4.
<b>Bibliografía:</b> (López Sánchez, y otros 2003), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993)

## B.5 TRATAMIENTO DE LOS PUNTOS SINGULARES

No se ha especificado en proyecto el tratamiento de las juntas entre diferentes materiales con malla de fibra de vidrio.

Las juntas entre diferentes materiales serán tratadas, según figura en proyecto, con malla de fibra de vidrio.

### Comentarios:

En el soporte del revestimiento no siempre es posible obtener una pared homogénea en cuanto a los materiales que van a recibirlo. Es muy habitual encontrar paredes de soporte de cerámica en las que aparecen las superficies de hormigón in situ de los pilares y forjados, o las cajas de persiana formadas por un hormigón distinto fabricado en taller. Las juntas entre los distintos materiales son puntos débiles que hay que reforzar para evitar la aparición de fisuras con origen en los distintos módulos elásticos (distinta deformabilidad). Obviamente se puede resolver el problema marcando la junta, pero se corre el riesgo de tener una fachada con exceso de juntas. Lo más habitual es proceder al armado de la junta formando un puente de unión. Consiste en aplicar una primera mano de mortero, y mientras aún está fresco, se coloca una banda de malla de fibra antialcalina de vidrio o poliéster, presionando con la llana, que recorre toda la junta con una anchura de unos 200 mm a cada lado. Sobre esta malla se aplica una segunda mano de mortero, preferiblemente cuando la primera aún está fresca. Este sistema dota al revestimiento de una armadura que le permite resistir mejor las tracciones que se van a concentrar en la junta.

**Bibliografía:** (ANFAPA 2008)

## B.6 COLOR DEL REVESTIMIENTO

Oscuro.

Medio.

Claro.

### Comentarios:

Es recomendable utilizar colores de tonalidades claras en el revestimiento. Con tonalidades más oscuras debemos tener en cuenta la posibilidad de decoloración y la aparición de manchas. La radiación solar produce una decoloración que es más apreciable en las tonalidades oscuras que en las claras. El color del revestimiento influye también en el grado de absorción del calor. Cuanto más oscuro es el color, más energía absorbe. En periodos de larga insolación, la temperatura superficial de la fachada puede presentar diferencias importantes según la tonalidad elegida. El aumento de la temperatura superficial introduce tensiones de origen térmico que pueden llegar a producir fisuraciones del material, en especial si ha sido aplicado sobre soportes con mayor capacidad aislante que el resto, ya que favorecen la acumulación de calor en el revestimiento. Asimismo, por la propia naturaleza de los morteros y por el posible regado durante el fraguado, pueden aparecer en la superficie carbonataciones o eflorescencias, que son tanto más evidentes cuanto más oscura es la tonalidad del color. A la vista de lo planteado, parece más razonable el criterio general de utilizar las tonalidades claras de la gama de colores que ofrecen los fabricantes.

**Bibliografía:** (Monjo Carrió, Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos 2010), (ANFAPA 2008)

## B.7 PROTECCIÓN FRENTE A IMPACTO

No previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) o de elementos de refuerzo en aristas.

Previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) o de elementos de refuerzo en aristas.

Previsión en proyecto de elementos de protección frente a impacto y frente a la humedad en el arranque de la fachada (zócalo) y de elementos de refuerzo en aristas.

### Comentarios:

Las partes más vulnerables de un revoco son aquellas que están expuestas a los impactos: concretamente, las partes bajas que lindan con el pavimento y en los cambios de dirección de las paredes, en donde se forman ángulos esquinados.

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 1: Revoco exterior 2006), (ANFAPA 2008), (de Cusa 1991)

## FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### C.1 NIVEL DE CONTROL EN LA EJECUCIÓN

Categoría de ejecución C (según el CTE DB SE-F).

Categoría de ejecución B (según el CTE DB SE-F).

Categoría de ejecución A (según el CTE DB SE-F).

### Comentarios:

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece tres categorías de ejecución. En el factor C.1 se han trasladado las tres categorías asimilándose a los tres niveles.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

**C.2 USO DE ADITIVOS RETARDADORES EN EL MORTERO DE REVESTIMIENTO**

Uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento.

No uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento.

**Comentarios:**

En el Cuaderno N°6 de INTEMAC, "Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo", se afirma que la mayoría de las lesiones localizadas en los morteros de fábrica de ladrillo pueden ser debidas al empleo, cada vez más extendido, de morteros preamasados con un alto contenido en aditivos retardadores, que permiten un tiempo de uso que en algunos casos alcanza o incluso puede superar las 45 horas. Estos productos antes de iniciar su fraguado y endurecimiento están expuestos a las variaciones climatológicas durante un periodo de tiempo elevado, lo cual puede facilitar la aireación superficial y la evaporación del agua de amasado.

Por lo tanto se ha penalizado en los niveles establecidos para el factor C.2 el uso de aditivos retardadores en el mortero de revestimiento.

**Bibliografía:** (López Sánchez, y otros 2003)

**C.3 USO DE ADITIVOS AIREANTES EN EL MORTERO DE REVESTIMIENTO**

No uso de aditivos aireantes en el mortero de revestimiento.

Uso de aditivos aireantes en el mortero de revestimiento.

**Comentarios:**

En la norma "UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior" se afirma que el incremento de volumen de poros por la incorporación de un aireante en la mezcla puede tener efectos beneficiosos sobre la durabilidad del revestimiento.

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 1: Revoco exterior 2006)

**FACTOR F: CONDICIONES DE USO****F.1 CONDICIONES DE USO**

Edificio con uso comercial, situado en zona de mucho tránsito peatonal y/o con posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.

Edificio sin uso comercial, no situado en zona de mucho tránsito peatonal y sin posibilidad de ser objeto de acciones vandálicas.

**Bibliografía:** (Bellmunt i Ribas, Paricio i Casademunt y Vila i Martínez 2002)

**FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO****G.1 ACCESIBILIDAD DE LAS INSTALACIONES HÚMEDAS**

No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la fachada son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

**Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación establece en el Documento Básico de Seguridad Estructural de Fábrica establece que en el proyecto se debe prever el acceso a aquellas zonas que se consideren más expuestas al deterioro, tanto por agentes exteriores, como por el propio uso del edificio (zonas húmedas), y en función de la adecuación de la solución proyectada (cámaras ventiladas, barreras antihumedad, barreras anticondensación).

Teniendo en cuenta que las instalaciones húmedas tienen una vida útil menor que la fachada, y que un mal mantenimiento de estas puede ocasionar lesiones graves en la fachada, se ha considerado de especial importancia la accesibilidad a este tipo de instalaciones.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

**G.2 INCORPORACIÓN DE MECANISMOS PARA LA LIMPIEZA DE LA FACHADA**

No se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.

Se han previsto en proyecto mecanismos que permitan la limpieza de la fachada.

**Comentarios:**

En el factor G.2 se han establecido dos niveles respecto a la incorporación de mecanismos para la limpieza de la fachada partiendo de la premisa que una mayor accesibilidad de la fachada para su limpieza puede favorecer el acometimiento de la misma y de un mantenimiento regular por parte de los usuarios del edificio.

### G.3 NIVEL DE PROFUNDIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas.

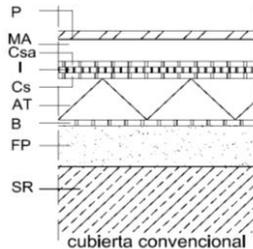
Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.

**Comentarios:**

En el factor G.3 se han establecido dos niveles partiendo de la premisa que un estudio más exhaustivo y particularizado de la solución constructiva utilizada en el desarrollo del plan de mantenimiento puede generar operaciones de mantenimiento más adaptadas a la solución y que por lo tanto favorezcan en mayor medida una mayor durabilidad de la fachada.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

## CUBIERTA CONVENCIONAL CON PROTECCIÓN PESADA



- P Capa de protección. Solado fijo
- MA Material de agarre o nivelación (mortero, lecho de arena...etc)
- Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.
- I Capa de impermeabilización
- AT Aislante
- B Barrera contra el vapor
- FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros
- SR Soporte resistente

## FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIORES

### E.1 CLASE DE AMBIENTE: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Ambiente marino o con contaminación industrial.

Medio urbano interior.

Medio rural interior sin contaminación.

#### **Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico de Seguridad Estructural de fábrica, establece diferentes clases de exposición, tanto generales como específicas, pero, sin embargo, no establece una clasificación de los tipos de ambiente en función de la contaminación atmosférica que pueda dar lugar a una elección rápida de la clase de ambiente por parte del técnico que está aplicando el método. Por ello, se ha recurrido a la bibliografía existente en la materia para establecer clasificaciones del tipo de ambiente en función de la contaminación atmosférica.

Concretamente, se ha recurrido a la norma "UNE-EN ISO 12944-2:1999 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes", donde se establece la clasificación de ambientes que se ha trasladado al factor E1. A continuación se realiza una exposición de la explicación de los tipos de ambiente contemplados en la norma contenida en el libro "Corrosión metálica en construcción" (García Olmos 2012):

#### El ambiente rural

El denominado ambiente rural se correspondería con ambientes exentos de contaminación en proporciones apreciables y fuera de la influencia marina asimilándose a aires puros con la única variable de la humedad que puedan contener y la temperatura, complementándose el panorama con lluvias habituales exentas de impureza dignas de tener en cuenta.

#### El ambiente urbano

En el entorno de las ciudades de cierta entidad y habida cuenta de las emisiones de la concentración de tráfico y algunas instalaciones que queman combustibles fósiles, se puede considerar un ambiente más agresivo en especial por el carácter ácido que, en general, suponen estas emanaciones. La variabilidad de las concentraciones de agentes agresivos estará en función de muchos parámetros y en especial la ubicación del edificio respecto a las vías de mayor tráfico.

#### El ambiente marino

Se trata de ambientes en donde su proximidad al mar hace que puedan ser invadidos principalmente por cloruros de procedencia marina que habitualmente viajan disueltos en la neblina marina. Esto hace que sea complicado fijar una distancia costa adentro, dentro de la cual pueda considerarse que el ambiente va a ser agresivo. La capacidad de nebulización del mar en su choque con la costa y la acción de las corrientes del viento hacen que este efecto pueda adentrarse mucha distancia o llegar hasta determinada altura.

#### El ambiente industrial

La existencia de contaminantes en el aire, normalmente compuestos de azufre, cloro etc., en cantidades apreciables distinguen los denominados ambientes industriales que habitualmente se dan en las cercanías de complejos o factorías que emiten este tipo de productos a la atmósfera. En ocasiones no es una condición indispensable esa cercanía porque, al igual que para el ambiente marino, los vientos pueden acarrear las nubes de productos contaminantes a mucha distancia. Al contrario que en el ambiente marino, donde el ión cloruro es el agente preocupante, en los ambientes industriales los contaminantes pueden ser múltiples dependiendo del tipo de industria que los emite.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, 1999), (García Olmos 2012), (Flores Alés 1999), (María Esbert 1996),

## E.2 EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN

Edificio ubicado en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que protejan la cubierta las horas de mayor radiación en los meses de verano.

Cubierta en sombra todo el día.

Edificio ubicado en zona climática I, II o III (según CTE DB H5).

### Comentarios:

Tal como se ha apuntado en diferentes apartados de este trabajo, la exposición a la radiación de la cubierta se puede traducir en fotodegradaciones (descomposición de materiales por la acción de la radiación ultravioleta), lesiones causadas por dilatación térmica u otro tipo de lesiones. La radiación incidente en la cubierta viene determinada por la ubicación del edificio y por las sombras arrojadas que puedan mitigar la radiación sobre la cubierta. Para establecer los diferentes niveles de exposición a la radiación se ha tenido en cuenta la clasificación por zonas climáticas en función de la radiación incidente global contenida en el Documento básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en su parte 5.

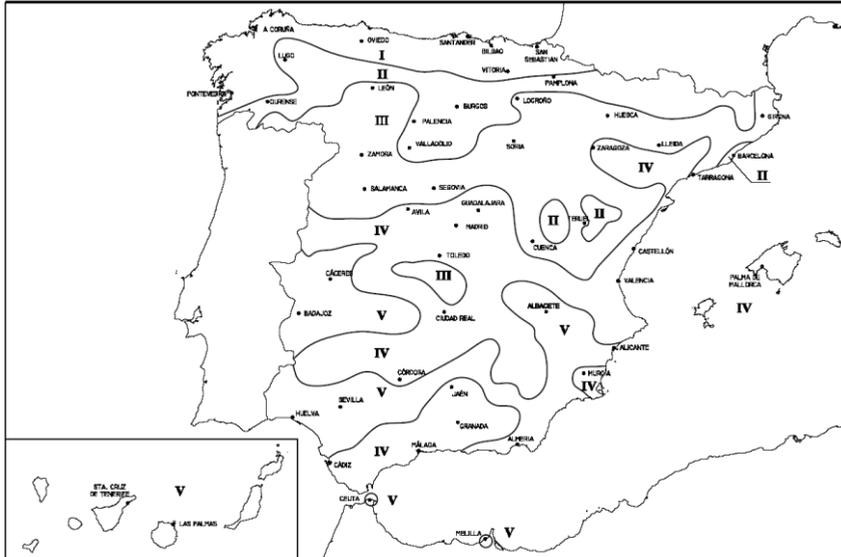


Figura 20 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006)

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008)

## E.3 SEVERIDAD CLIMÁTICA

Severidad climática de verano 4 o 3 o severidad climática de invierno E o D (según el CTE DB HE1).

Severidad climática de verano 1 o 2 o severidad climática de invierno A, B o C (según el CTE DB HE1).

### Comentarios:

La severidad climática a la que está sometida una cubierta viene determinada por la ubicación del edificio.

Para establecer los diferentes niveles de severidad climática se ha tenido en cuenta la clasificación por zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión, contenida en el Documento básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en su parte 1.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Trujillo 2002)

**E.4 EXPOSICIÓN AL VIENTO**

Coefficiente de exposición al viento menor de 2 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).

Coefficiente de exposición al viento mayor de 2 y menor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).

Coefficiente de exposición al viento mayor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).

**Comentarios:**

La acción del viento puede provocar desprendimientos de piezas y desgarros de láminas en cubierta.

La influencia que el viento ejerce sobre las cubiertas viene determinada por la exposición de las mismas.

Los niveles en relación al grado de exposición al viento contenidos en el factor E.4 se han obtenido de los valores del coeficiente de exposición al viento que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Seguridad Estructural en función de la altura del punto considerado y el grado de aspereza del entorno.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

**Figura 21 - Valores del coeficiente de exposición  $C_e$  (Ministerio de Vivienda 2006)**

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Trujillo 2002)

## E.5 PROBABILIDAD DE LLUVIA

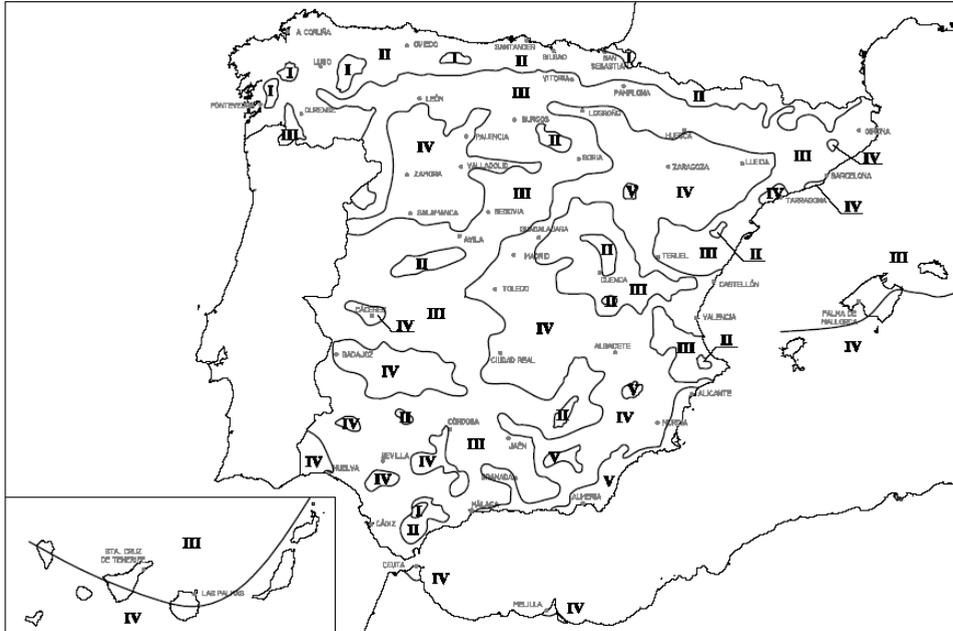
Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).

Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).

Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).

### Comentarios:

La probabilidad lluvia viene determinada principalmente por el índice pluviométrico anual de la zona donde esté ubicada la cubierta. Los niveles contenidos en el factor E.3 se han obtenido de la clasificación de zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad.



**Figura 22 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006)**

La zona pluviométrica de promedios indica la cantidad de agua que debe ser evacuada de la cubierta a lo largo del año.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

**E.6 INTENSIDAD PLUVIOMÉTRICA**

Intensidad pluviométrica menor o igual de 110 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).

Intensidad pluviométrica mayor de 110 mm/h y menor o igual de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).

Intensidad pluviométrica mayor de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).

**Comentarios:**

La intensidad pluviométrica viene determinada por la zona donde esté ubicada la cubierta. Los niveles contenidos en el factor E.6 se han obtenido de los valores de intensidad pluviométrica que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad.

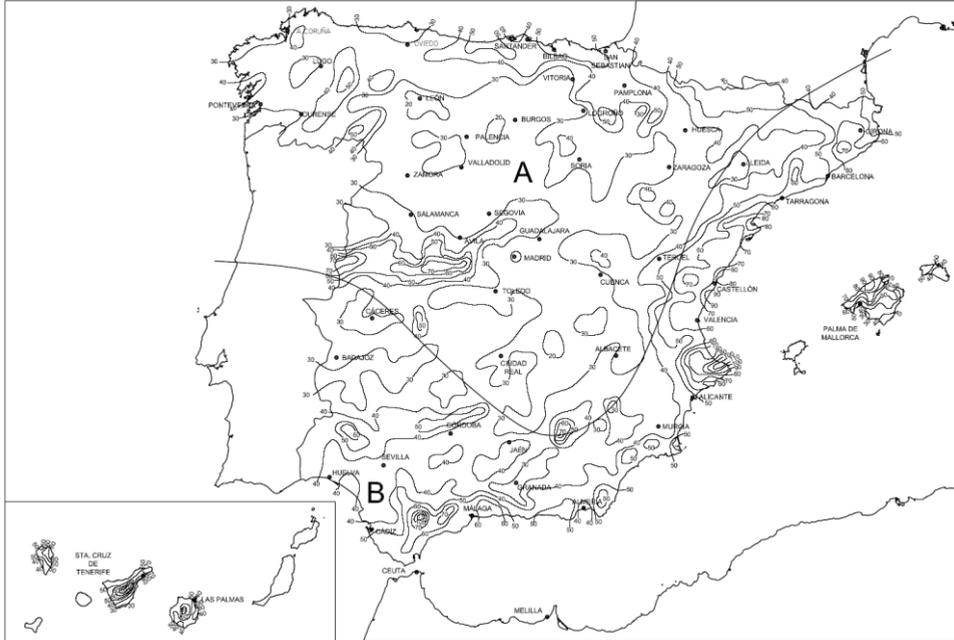


Figura 23 - Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (Ministerio de Vivienda 2006)

Isoyeta	Intensidad Pluviométrica i (mm/h)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Figura 24 - Intensidad pluviométrica (Ministerio de Vivienda 2006)

La intensidad pluviométrica indica la cantidad de agua que debe ser evacuada de la cubierta en un breve espacio de tiempo.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

## E.7 PROBABILIDAD DE ACUMULACIÓN DE NIEVE

Sobrecarga de nieve menor o igual a 0,3 kN/m<sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).

Sobrecarga de nieve mayor a 0,3 kN/m<sup>2</sup> y menor o igual a 0,5 kN/m<sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).

Sobrecarga de nieve mayor a 0,5 kN/m<sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).

### Comentarios:

De cara a contemplar la probabilidad de acumulación de nieve se ha asumido que cuanto mayor sea la sobrecarga por nieve que establece el Código Técnico para un edificio, mayor es la probabilidad de nieve.

Por ello, los niveles contenidos en el factor E.7 se han obtenido de los valores de sobrecarga de nieve para una cubierta en función de la altitud de la ubicación del edificio y de la zona climática de invierno que se establecen en el Anejo E del Documento Básico de Seguridad Estructural - Acciones en la edificación.



Figura 25 - Zonas climáticas de invierno (Ministerio de Vivienda 2006)

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m<sup>2</sup>)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 26 - Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (Ministerio de Vivienda 2006)

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferreres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Trujillo 2002)

**E.8 CONDICIONES PREVISTAS DE PUESTA EN OBRA**

Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.

Escasa o ninguna posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o velocidad del viento superior a 50 km/h en la ejecución de la impermeabilización.

**Comentarios:**

La bibliografía consultada en relación a las condiciones necesarias de puesta en obra de la impermeabilización en cubierta coincide en establecer que para la ejecución de la capa de impermeabilización es recomendable que la temperatura no sea inferior a 5°C ni que la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

**Bibliografía:** (Comisión Técnica de ANFI 2008), (Borso di Carminati Peris, y otros 2010)

**FACTOR A: CALIDAD DE LOS COMPONENTES****A.1 TIPO DE PROTECCIÓN**

Uso de baldosín catalán o sistema equivalente como protección (no resistente a las heladas).

Uso de gres esmaltado o rústico no resistente a las heladas como protección o sistema equivalente.

Uso de gres esmaltado, porcelánico o rústico resistente a las heladas como protección o sistema equivalente.

**Comentarios:**

Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia se ha llevado a cabo una clasificación de los tipos de protección más habituales en función de su durabilidad, aplicándose esta clasificación al factor A.1.

**Bibliografía:** (González Cudilleiro, y otros 2011), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008),

**A.2 TIPO DE MATERIAL DE AGARRE**

Uso de mortero de cemento tipo M-5 o inferior como material de agarre de la protección.

Uso de mortero de cemento tipo M-7,5 o superior o adhesivo cementoso tipo C1 como material de agarre de la protección.

Uso de mortero de cemento tipo M-7,5 o superior armado o adhesivo cementoso tipo C2 como material de agarre de la protección.

**Comentarios:**

Actualmente no existe una norma UNE que contemple el tipo de adhesivo más adecuado. A falta de esa norma, la "Guía para la baldosa cerámica" puede servir de orientación. Tras el análisis de este documento y el resto de bibliografía existente en la materia se ha llevado a cabo una clasificación de los tipos de materiales de agarre en función de su durabilidad, aplicándose esta clasificación al factor A.2.

**Bibliografía:** (González Cudilleiro, y otros 2011), (Luzón Cánovas y Sánchez Arroyo 2007)

**A.3 TIPO DE SELLANTE DE LAS JUNTAS**

Sellante de clase 7,5 o 12,5 (según la norma ISO 11600).

Sellante de clase 20 (según la norma ISO 11600).

Sellante de clase 25 (según la norma ISO 11600).

**Comentarios:**

En el factor A.3 se ha tenido en cuenta la clasificación de sellantes que establece la norma "UNE-EN ISO 11600:2005 Edificación. Productos para juntas. Clasificación y requisitos para sellantes." La norma clasifica los sellantes de acuerdo con su aptitud para cumplir las funciones de sellado en juntas sometidas a parámetros de movimientos.

Clase <sup>a</sup>	Amplitud del ensayo	Capacidad de movimiento <sup>b</sup>
	%	%
25	± 25	25,0
20	± 20	20,0
12,5	± 12,5	12,5
7,5	± 7,5	7,5

<sup>a</sup> Las clases 25 y 20 se aplican a ambos tipos de sellantes G y F, mientras que las clases 12,5 y 7,5 se aplican solamente a sellantes del tipo F.

<sup>b</sup> Para la correcta interpretación y aplicación de la capacidad de movimiento para el diseño de juntas, se deberían tener en consideración las normas nacionales y los documentos de consulta aplicables.

**Figura 27 - Clase de sellantes (AENOR, UNE-EN ISO 11600:2005 Edificación. Productos para juntas. Clasificación y requisitos para sellantes. 2005)**

**Bibliografía:** (AENOR, UNE-EN ISO 11600:2005 Edificación. Productos para juntas. Clasificación y requisitos para sellantes. 2005)

#### A.4 TIPO DE CAPA SEPARADORA

No utilización de capa separadora encima de la impermeabilización.

Utilización de films de polietileno o fieltro como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).

Utilización de geotextil como capa separadora encima de la impermeabilización (siempre que sea compatible con todos los componentes).

##### Comentarios:

El Código Técnico de la edificación establece la obligación de utilización de capa separadora en la cubierta:

- Bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.
- Bajo la capa de impermeabilización cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos.
- Entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse la adherencia entre ambas capas o la impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático;

Estás circunstancias no abarcan todas las situaciones, por lo que en el factor A.4, se han establecido tres niveles en relación al tipo de capa separadora, penalizando el no utilizarla y premiando el uso de una capa separadora con mejores características.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008)

#### A.5 TIPO DE AISLANTE

Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el marcado CE  $\leq 3$  %.

Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el marcado CE  $\leq 1,5$  %.

Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el marcado CE  $\leq 0,7$  %.

##### Comentarios:

La propiedad de un aislante térmico que puede mermar la durabilidad del sistema constructivo de cubierta es la absorción de agua, ya que, como se ha expuesto en capítulos anteriores, la presencia de agua en la cubierta en las capas por debajo de la impermeabilización puede ocasionar lesiones graves.

Por ello, para establecer los niveles del factor A.5 se ha tenido en cuenta la característica de los aislantes térmicos de absorción de agua a largo plazo reflejada en el marcado CE.

**Bibliografía:** (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 2 2008), (Trujillo 2002), (Comisión Técnica de ANFI 2008)

#### A.6 TIPO DE IMPERMEABILIZACIÓN

Impermeabilización a base de oxiasfalto, acrílicos o poliuretanos o sistemas de equivalentes características.

Impermeabilización a base de betún modificado, PVC, TPO, poliolefina o sistemas de equivalentes características.

Impermeabilización a base de EPDM, polipropileno o bentonita de sodio o sistemas de equivalentes características.

##### Comentarios:

Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia se ha llevado a cabo una clasificación de los tipos de impermeabilización más habituales en función de su durabilidad, aplicándose esta clasificación al factor A.6.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, UNE 104402 Sistemas para la impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos modificados 1996), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 2 2008), (Trujillo 2002), (Comisión Técnica de ANFI 2008), (Llamas Pérez 2004)

#### A.7 RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

Elementos metálicos presentes en cubierta sin protección frente a la corrosión.

Elementos metálicos presentes en cubierta protegidos (anodizados, cromatados, galvanizados u otros revestimientos que protejan frente a la corrosión).

Elementos metálicos presentes en cubierta de acero inoxidable o metal equivalente o inexistencia de elementos metálicos.

##### Comentarios:

Es tradicional, en nuestro país, el empleo de metales en rejas, barandillas y verjas constituidas principalmente por aceros y hierros forjados en sus diferentes variantes. En menor medida se han ido introduciendo otros metales como el aluminio y el acero inoxidable. Estos elementos están en contacto con el medio ambiente que, dependiendo de la ubicación del edificio y de otras circunstancias, va a suponer un estado prácticamente continuo de agresión. De su comportamiento ante los fenómenos de corrosión va a depender el futuro de las soluciones metálicas empleadas.

Se han establecido tres niveles de resistencia a la oxidación de los elementos metálicos, dependiendo de si el elemento está protegido y de la resistencia a la oxidación del propio material.

**Bibliografía:** (García Olmos 2012)

**FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO****B.1 FORMA DE LA CUBIERTA**

Forma de la cubierta irregular con ángulos en esquinas diferentes a 90° con esquinas con ángulos de 90° pero de forma no cuadrada o rectangular.

Forma de la cubierta básicamente cuadrada o rectangular con todos los ángulos de las esquinas de 90° pero con algunas hendiduras o salientes.

Forma de la cubierta totalmente cuadrada o rectangular sin hendiduras ni salientes.

**Comentarios:**

Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia se ha determinado que una forma de la cubierta irregular puede favorecer la aparición de lesiones, por lo que se han establecido tres niveles de regularidad de la cubierta los cuáles se reflejan en el factor B.1.

**Bibliografía:** (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993)

**B.2 PENDIENTE DE LA CUBIERTA**

Pendiente de la cubierta mayor de 1% y menor de 2%.

Pendiente de la cubierta mayor de 2% y menor de 4%.

Pendiente de la cubierta mayor de 4% y menor de 5%.

**Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece que el sistema de formación de pendientes en cubiertas planas debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua entre el 1 y el 5% para cubiertas transitables con solado fijo.

Tras el análisis de la bibliografía existente se ha determinado que, dentro del rango permitido por la normativa, las pendientes menores pueden favorecer la aparición de lesiones, por lo que atendiendo a los valores de pendiente que se recomiendan en la bibliografía consultada, se han establecido tres niveles de pendientes, los cuáles se reflejan en el factor B.2.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Jalvo, y otros 1999), (Aguado Alonso 1997)

**B.3 DEFINICIÓN DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS**

No se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.

Se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.

Se definen en proyecto todos los detalles siguientes: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.

**Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece las condiciones que deben cumplirse en los puntos singulares de cubierta, pero, sin embargo, no obliga a aportar documentación gráfica de los detalles constructivos donde se ven involucrados estos puntos singulares. El no aportar documentación gráfica de los detalles constructivos de los puntos singulares puede derivar en una defectuosa ejecución, y por lo tanto en una futura lesión. Por ello se han establecido tres niveles de definición en proyecto de los detalles constructivos de los puntos singulares de cubierta reflejados en el factor B.3.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008)

#### B.4 SISTEMA DE FIJACIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN

Sistema de fijación de la impermeabilización adherido.

Sistema de fijación de la impermeabilización semiadherido.

Sistema de fijación de la impermeabilización no adherido o flotante.

##### Comentarios:

La bibliografía consultada en relación al sistema de fijación de la impermeabilización coincide en afirmar que siempre que sea posible, la membrana impermeable debe independizarse del soporte y de la protección. Es decir debe utilizarse el sistema no adherido (flotante). Esta fijación permite movimientos, lo que evita fisuraciones.

Los sistemas adheridos usualmente plantean problemas de fisuración al hacerse solidarios con el substrato o con el soporte base. Sólo debe utilizarse la adherencia total de la membrana cuando no es posible garantizar su permanencia en la cubierta ya sea frente a succiones del viento o cuando las pendientes son superiores al 5%, imposibles circunstancias en el caso de la solución constructiva que nos ocupa, por disponer de protección pesada que garantiza la sujeción de la membrana frente a viento y con pendientes inferiores al 5% por normativa.

La semiadherencia, a pesar de ser un sistema recomendable por permitir movimientos, lo que evita fisuraciones., apenas tiene uso en España.

En base a todo lo mencionado en el párrafo anterior se han establecido tres niveles en el factor B.4.

**Bibliografía:** (AENOR, UNE 104402 Sistemas para la impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos modificados 1996), (Borso di Carminati Peris, y otros 2010), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 2 2008), (Broto 2006), (de Cusa 1991), (Trujillo 2002)

#### B.5 SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL PETO DE CUBIERTA

Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por una sola hoja de ladrillo cerámico o sistema equivalente.

Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas o sistema equivalente.

Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas y reforzado con pilastras o sistema equivalente.

##### Comentarios:

El sistema constructivo del peto de cubierta, si no es adecuado, puede ser el origen de diferentes lesiones contempladas en apartados anteriores.

Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia y la consulta de arquitectos con demostrada experiencia se han establecido tres niveles de sistemas constructivos del peto de cubierta en función de su durabilidad los cuáles se reflejan en el factor B.5.

**Bibliografía:** (Múñoz Hidalgo, Cómo evitar errores en proyectos y obras (100 casos prácticos) 2009)

#### B.6 COLOR DE LA PROTECCIÓN

Oscuro.

Medio.

Claro.

##### Comentarios:

Las protecciones de colores oscuros alcanzan mayores temperaturas y son más proclives a sufrir lesiones favorecidas por temperaturas elevadas.

**Bibliografía:** (Monjo Carrió, Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos 2010)

### FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

#### C.1 NIVEL DE CONTROL EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Control de ejecución de las obras inferior al establecido en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.

Control de ejecución de las obras según se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.

Control de ejecución de las obras superior al que se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.

##### Comentarios:

Debido a que el Código Técnico no establece niveles de control en la ejecución de las cubiertas, se ha recurrido al "Pliego General de Condiciones Técnicas en la Edificación" editado por el Instituto Valenciano de la Edificación, para establecer los niveles del factor C.1, por ser un documento de reconocido prestigio.

**Bibliografía:** (Borso di Carminati Peris, y otros 2010)

**FACTOR D: CONDICIONES INTERIORES**

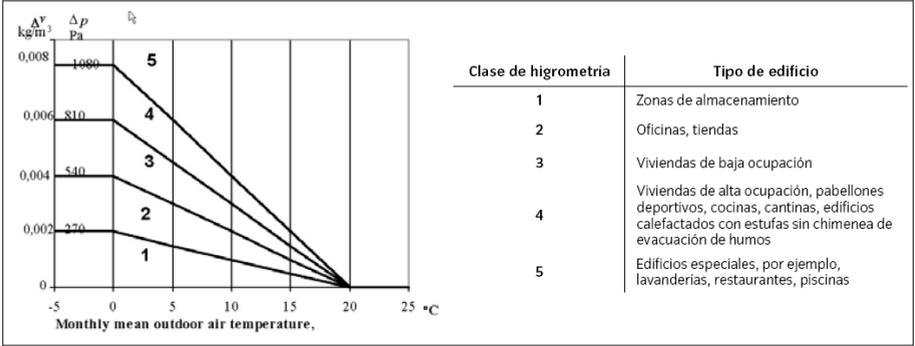
**D.1 CONDICIONES INTERIORES**

Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 1 ó 2 (zonas de almacenamiento, oficinas o tiendas).

Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 3 (viviendas de baja ocupación).

Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 4 o 5 (viviendas de alta ocupación, pabellones deportivos, cocinas, cantinas, edificios calefatos con estufas sin chimeneas de evacuación de humos, lavanderías, restaurantes, piscinas...etc).

**Comentarios:**  
 La humedad del espacio cubierta puede ocasionar lesiones en la cubierta, tal como se ha expuesto en capítulos anteriores. El Código Técnico de la Edificación, a efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, contempla las 5 clases higrométricas de acuerdo a la clasificación que se expresa en la norma UNE-EN ISO 13788:2002.



**Figura 28 - Clases de higrometría (AENOR, UNE-EN ISO 13788:2002 Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788 2002)**

En base a la clase de higrometría del espacio bajo cubierta se han establecido tres niveles reflejados en el factor D.1.  
**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, UNE-EN ISO 13788:2002 Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788 2002)

**FACTOR F: CONDICIONES DE USO**

**F.1 CONDICIONES DE USO**

Cubierta transitable para vehículos o para usos deportivos.

Cubierta transitable para peatones o ajardinadas.

Cubierta no transitable o de acceso exclusivo para mantenimiento.

**Comentarios:**  
 En el factor F.1 se han establecido tres niveles de condiciones de uso en función del desgaste al que se ve sometida la cubierta.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

## FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO

### G.1 ACCESIBILIDAD DE LAS INSTALACIONES HÚMEDAS

No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

#### Comentarios:

El Código Técnico de la Edificación establece en el Documento Básico de Seguridad Estructural de Fábrica establece que en el proyecto se debe prever el acceso a aquellas zonas que se consideren más expuestas al deterioro, tanto por agentes exteriores, como por el propio uso del edificio (zonas húmedas), y en función de la adecuación de la solución proyectada (cámaras ventiladas, barreras antihumedad, barreras anticondensación).

Teniendo en cuenta que las instalaciones húmedas tienen una vida útil menor que la cubierta, y que un mal mantenimiento de estas puede ocasionar lesiones graves, se ha considerado de especial importancia la accesibilidad a este tipo de instalaciones.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

### G.2 ACCESIBILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO

No se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.

Se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.

#### Comentarios:

En el factor G.2 se han establecido dos niveles respecto a la accesibilidad para el mantenimiento de la cubierta partiendo de la premisa que una mayor accesibilidad de la cubierta para su limpieza puede favorecer el acometimiento de la misma y el de un mantenimiento regular por parte de los usuarios del edificio.

### G.3 NIVEL DE PROFUNDIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

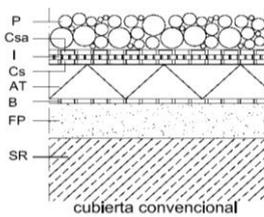
Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas.

Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.

#### Comentarios:

En el factor G.3 se han establecido dos niveles partiendo de la premisa que un estudio más exhaustivo y particularizado de la solución constructiva utilizada en el desarrollo del plan de mantenimiento puede generar operaciones de mantenimiento más adaptadas a la solución y que por lo tanto favorezcan en mayor medida una mayor durabilidad de la cubierta.

**CUBIERTA CON PROTECCIÓN DE GRAVA**



- P Capa de protección de grava
- Csa Capa separadora bajo protección antipunzonante.
- I Capa de impermeabilización
- Cs Capa separadora
- AT Aislante
- B Barrera contra el vapor
- FP Formación de pendientes de hormigón con áridos ligeros
- SR Soporte resistente

**FACTOR E: CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EXTERIOR**

**E.1 CLASE DE AMBIENTE: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

Ambiente marino o con polución industrial.

Medio urbano interior.

Medio rural interior sin polución.

**Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico de Seguridad Estructural de fábrica, establece diferentes clases de exposición, tanto generales como específicas, pero, sin embargo, no establece una clasificación de los tipos de ambiente en función de la contaminación atmosférica que pueda dar lugar a una elección rápida de la clase de ambiente por parte del técnico que está aplicando el método. Por ello, se ha recurrido a la bibliografía existente en la materia para establecer clasificaciones del tipo de ambiente en función de la contaminación atmosférica.

Concretamente, se ha recurrido a la norma "UNE-EN ISO 12944-2:1999 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes", dónde se establece la clasificación de ambientes que se ha trasladado al factor E1. A continuación se realiza una exposición de la explicación de los tipos de ambiente contemplados en la norma contenida en el libro "Corrosión metálica en construcción" (García Olmos 2012):

El ambiente rural

El denominado ambiente rural se correspondería con ambientes exentos de contaminación en proporciones apreciables y fuera de la influencia marina asimilándose a aires puros con la única variable de la humedad que puedan contener y la temperatura, complementándose el panorama con lluvias habituales exentas de impureza dignas de tener en cuenta.

El ambiente urbano

En el entorno de las ciudades de cierta entidad y habida cuenta de las emisiones de la concentración de tráfico y algunas instalaciones que queman combustibles fósiles, se puede considerar un ambiente más agresivo en especial por el carácter ácido que, en general, suponen estas emanaciones. La variabilidad de las concentraciones de agentes agresivos estará en función de muchos parámetros y en especial la ubicación del edificio respecto a las vías de mayor tráfico.

El ambiente marino

Se trata de ambientes en donde su proximidad al mar hace que puedan ser invadidos principalmente por cloruros de procedencia marina que habitualmente viajan disueltos en la neblina marina. Esto hace que sea complicado fijar una distancia costa adentro, dentro de la cual pueda considerarse que el ambiente va a ser agresivo. La capacidad de nebulización del mar en su choque con la costa y la acción de las corrientes del viento hacen que este efecto pueda adentrarse mucha distancia o llegar hasta determinada altura.

El ambiente industrial

La existencia de contaminantes en al aire, normalmente compuestos de azufre, cloro etc., en cantidades apreciables distinguen los denominados ambientes industriales que habitualmente se dan en las cercanías de complejos o factorías que emiten este tipo de productos a la atmósfera. En ocasiones no es una condición indispensable esa cercanía porque, al igual que para el ambiente marino, los vientos pueden acarrear las nubes de productos contaminantes a mucha distancia. Al contrario que en el ambiente marino, donde el ión cloruro es el agente preocupante, en los ambientes industriales los contaminantes pueden ser múltiples dependiendo del tipo de industria que los emite.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, 1999), (García Olmos 2012), (Flores Alés 1999), (María Esbert 1996),

## E.2 EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN

Edificio ubicado en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que protejan la cubierta las horas de mayor radiación en los meses de verano.

Cubierta en sombra todo el día.

Edificio ubicado en zona climática I, II o III (según CTE DB H5).

### Comentarios:

Tal como se ha apuntado en diferentes apartados de este trabajo, la exposición a la radiación de la cubierta se puede traducir en fotodegradaciones (descomposición de materiales por la acción de la radiación ultravioleta), lesiones causadas por dilatación térmica u otro tipo de lesiones. La radiación incidente en la cubierta viene determinada por la ubicación del edificio y por las sombras arrojadas que puedan mitigar la radiación sobre la cubierta. Para establecer los diferentes niveles de exposición a la radiación se ha tenido en cuenta la clasificación por zonas climáticas en función de la radiación incidente global contenida en el Documento básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en su parte 5.

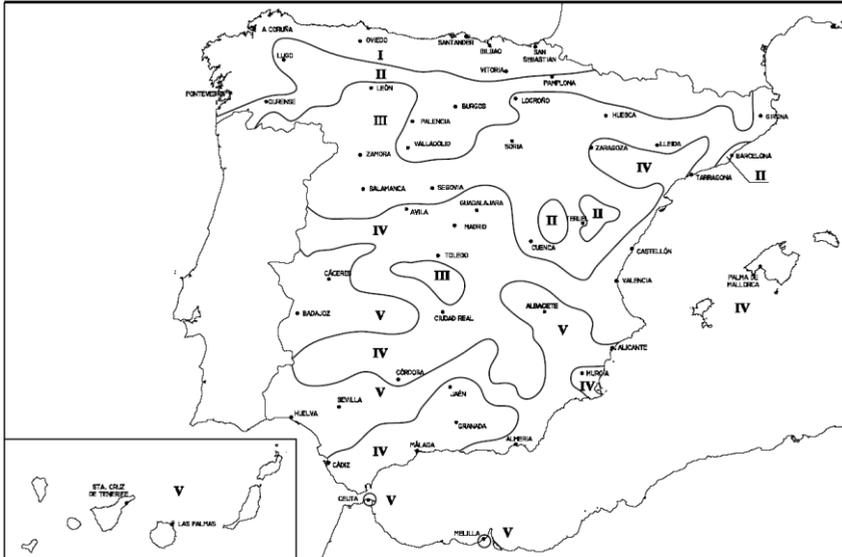


Figura 29 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006)

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008)

## E.3 SEVERIDAD CLIMÁTICA

Severidad climática de verano 4 o 3 o severidad climática de invierno E o D (según el CTE DB HE1).

Severidad climática de verano 1 o 2 o severidad climática de invierno A, B o C (según el CTE DB HE1).

### Comentarios:

La severidad climática a la que está sometida una cubierta viene determinada por la ubicación del edificio.

Para establecer los diferentes niveles de severidad climática se ha tenido en cuenta la clasificación por zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión, contenida en el Documento básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en su parte 1.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Trujillo 2002)

**E.4 EXPOSICIÓN AL VIENTO**

Coefficiente de exposición al viento menor de 2 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).

Coefficiente de exposición al viento mayor de 2 y menor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).

Coefficiente de exposición al viento mayor de 3 (según la tabla 3.3 del CTE SE AE).

**Comentarios:**

La acción del viento puede provocar desprendimientos de piezas, desplazamiento de la grava y desgarros de láminas.

La influencia que el viento ejerce sobre las cubiertas viene determinada por la exposición de las mismas.

Los niveles en relación al grado de exposición al viento contenidos en el factor E.4 se han obtenido de los valores del coeficiente de exposición al viento que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Seguridad Estructural en función de la altura del punto considerado y el grado de aspereza del entorno.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

**Figura 30 - Valores del coeficiente de exposición  $C_e$  (Ministerio de Vivienda 2006)**

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Trujillo 2002)

## E.5 PROBABILIDAD DE LLUVIA

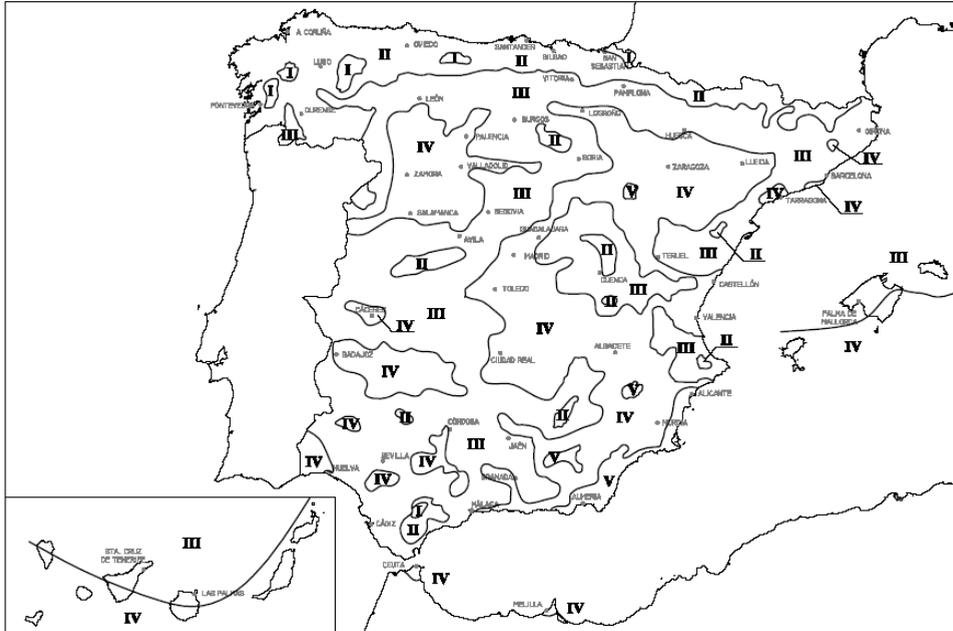
Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).

Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).

Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).

### Comentarios:

La probabilidad lluvia viene determinada principalmente por el índice pluviométrico anual de la zona donde esté ubicada la cubierta. Los niveles contenidos en el factor E.3 se han obtenido de la clasificación de zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad.



**Figura 31 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006)**

La zona pluviométrica de promedios indica la cantidad de agua de agua que debe ser evacuada de la cubierta a lo largo del año.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

**E.6 INTENSIDAD PLUVIOMÉTRICA**

Intensidad pluviométrica menor o igual de 110 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).

Intensidad pluviométrica mayor de 110 mm/h y menor o igual de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).

Intensidad pluviométrica mayor de 150 mm/h (según el apéndice B del CTE DB HS5).

**Comentarios:**

La intensidad pluviométrica viene determinada por la zona donde esté ubicada la cubierta. Los niveles contenidos en el factor E.6 se han obtenido de los valores de intensidad pluviométrica que establece el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad.

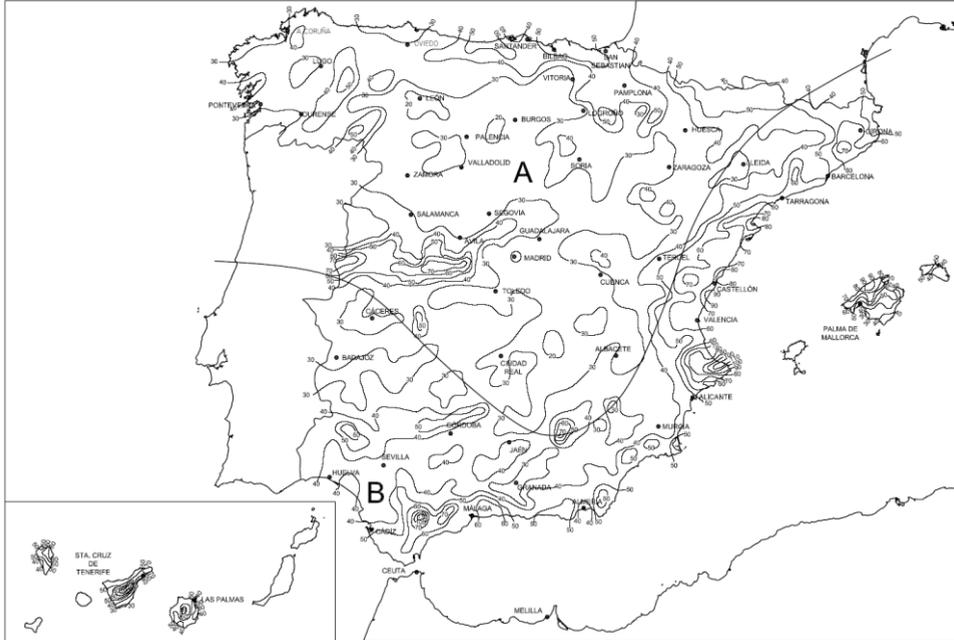


Figura 32 - Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (Ministerio de Vivienda 2006)

Isoyeta	Intensidad Pluviométrica $i$ (mm/h)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Figura 33 - Intensidad pluviométrica (Ministerio de Vivienda 2006)

La intensidad pluviométrica indica la cantidad de agua que debe ser evacuada de la cubierta en un breve espacio de tiempo.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Flores Alés 1999)

## E.7 PROBABILIDAD DE ACUMULACIÓN DE NIEVE

Sobrecarga de nieve menor o igual a 0,3 kN/m<sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).

Sobrecarga de nieve mayor a 0,3 kN/m<sup>2</sup> y menor o igual a 0,5 kN/m<sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).

Sobrecarga de nieve mayor a 0,5 kN/m<sup>2</sup> (según el anejo E del CTE DB SE AE).

### Comentarios:

De cara a contemplar la probabilidad de acumulación de nieve se ha asumido que cuanto mayor sea la sobrecarga por nieve que establece el Código Técnico para un edificio, mayor es la probabilidad de nieve.

Por ello, los niveles contenidos en el factor E.7 se han obtenido de los valores de sobrecarga de nieve para una cubierta en función de la altitud de la ubicación del edificio y de la zona climática de invierno que se establecen en el Anejo E del Documento Básico de Seguridad Estructural - Acciones en la edificación.



Figura 34 - Zonas climáticas de invierno (Ministerio de Vivienda 2006)

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m<sup>2</sup>)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 35 - Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (Ministerio de Vivienda 2006)

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferreres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Trujillo 2002)



#### A.4 TIPO DE AISLANTE

Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE  $\leq 3$  %.

Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE  $\leq 1,5$  %.

Utilización de aislante no hidrófilo con nivel declarado para la absorción de agua a largo plazo reflejado en el mercado CE  $\leq 0,7$  %.

##### Comentarios:

La propiedad de un aislante térmico que puede mermar la durabilidad del sistema constructivo de cubierta es la absorción de agua, ya que, como se ha expuesto en capítulos anteriores, la presencia de agua en la cubierta en las capas por debajo de la impermeabilización puede ocasionar lesiones graves.

Por ello, para establecer los niveles del factor A.5 se ha tenido en cuenta la característica de los aislantes térmicos de absorción de agua a largo plazo reflejada en el mercado CE.

**Bibliografía:** (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 2 2008), (Trujillo 2002), (Comisión Técnica de ANFI 2008)

#### A.5 TIPO DE IMPERMEABILIZACIÓN

Impermeabilización a base de oxiasfalto, acrílicos o poliuretanos o sistemas de equivalentes características.

Impermeabilización a base de betún modificado, PVC, TPO, poliolefina o sistemas de equivalentes características.

Impermeabilización a base de EPDM, polipropileno o bentonita de sodio o sistemas de equivalentes características.

##### Comentarios:

Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia se ha llevado a cabo una clasificación de los tipos de impermeabilización más habituales en función de su durabilidad, aplicándose esta clasificación al factor A.6.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, UNE 104402 Sistemas para la impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos modificados 1996), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 2 2008), (Trujillo 2002), (Comisión Técnica de ANFI 2008), (Llamas Pérez 2004)

#### A.6 RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

Elementos metálicos presentes en cubierta sin protección frente a la corrosión.

Elementos metálicos presentes en cubierta protegidos (anodizados, cromatados, galvanizados u otros revestimientos que protejan frente a la corrosión).

Elementos metálicos presentes en cubierta de acero inoxidable o metal equivalente o inexistencia de elementos metálicos.

##### Comentarios:

Es tradicional, en nuestro país, el empleo de metales en rejas, barandillas y verjas constituidas principalmente por aceros y hierros forjados en sus diferentes variantes. En menor medida se han ido introduciendo otros metales como el aluminio y el acero inoxidable. Estos elementos están en contacto con el medio ambiente que, dependiendo de la ubicación del edificio y de otras circunstancias, va a suponer un estado prácticamente continuo de agresión. De su comportamiento ante los fenómenos de corrosión va a depender el futuro de las soluciones metálicas empleadas.

Se han establecido tres niveles de resistencia a la oxidación de los elementos metálicos, dependiendo de si el elemento está protegido y de la resistencia a la oxidación del propio material.

**Bibliografía:** (García Olmos 2012)

### FACTOR B: NIVEL DE DISEÑO

#### B.1 FORMA DE LA CUBIERTA

Forma de la cubierta irregular con ángulos en esquinas diferentes a 90° con esquinas con ángulos de 90° pero de forma no cuadrada o rectangular.

Forma de la cubierta básicamente cuadrada o rectangular con todos los ángulos de las esquinas de 90° pero con algunas hendiduras o salientes.

Forma de la cubierta totalmente cuadrada o rectangular sin hendiduras ni salientes.

##### Comentarios:

Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia se ha determinado que una forma de la cubierta irregular puede favorecer la aparición de lesiones, por lo que se han establecido tres niveles de regularidad de la cubierta los cuáles se reflejan en el factor B.1.

**Bibliografía:** (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008), (Lozano Apolo, Santolaria Morros y Lozano Martínez-Luengas 1993)

<b>B.2 CANTIDAD DE CANTO RODADO</b>
La cantidad de canto rodado es inferior a 100 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 50 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios hasta 8 m. de altura, inferior a 160 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 60 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios entre 8 y 20 m. de altura e inferior a 200 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 80 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios de altura superior a 20 m.
La cantidad de canto rodado es igual a 100 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 50 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios hasta 8 m. de altura, inferior a 160 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 60 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios entre 8 y 20 m. de altura e inferior a 200 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 80 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios de altura superior a 20 m.
La cantidad de canto rodado es superior a 100 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 50 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios hasta 8 m. de altura, inferior a 160 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 60 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios entre 8 y 20 m. de altura e inferior a 200 Kg/m <sup>2</sup> en la zona lateral y 80 Kg/m <sup>2</sup> en el resto, para edificios de altura superior a 20 m, siempre que el peso que debe soportar la cubierta esté dentro de los límites que establezca la normativa vigente.
<b>Comentarios:</b> Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia se han determinado tres niveles de cantidad de canto rodado en relación a su comportamiento frente a la succión del viento, los cuáles se reflejan en el factor B.2.
<b>Bibliografía:</b> (Trujillo 2002), (Comisión Técnica de ANFI 2008), (Borso di Carminati Peris, y otros 2010)
<b>B.3 DEFINICIÓN DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS</b>
No se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.
Se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.
Se definen en proyecto todos los detalles siguientes: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.
<b>Comentarios:</b> El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Salubridad establece las condiciones que deben cumplirse en los puntos singulares de cubierta, pero, sin embargo, no obliga a aportar documentación gráfica de los detalles constructivos donde se ven involucrados estos puntos singulares. El no aportar documentación gráfica de los detalles constructivos de los puntos singulares puede derivar en una defectuosa ejecución, y por lo tanto en una futura lesión. Por ello se han establecido tres niveles de definición en proyecto de los detalles constructivos de los puntos singulares de cubierta reflejados en el factor B.3.
<b>Bibliografía:</b> (Ministerio de Vivienda 2006), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 1 2008)
<b>B.4 SISTEMA DE FIJACIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN</b>
Sistema de fijación de la impermeabilización adherido.
Sistema de fijación de la impermeabilización semiadherido.
Sistema de fijación de la impermeabilización no adherido o flotante.
<b>Comentarios:</b> La bibliografía consultada en relación al sistema de fijación de la impermeabilización coincide en afirmar que siempre que sea posible, la membrana impermeable debe independizarse del soporte y de la protección. Es decir debe utilizarse el sistema no adherido (flotante). Esta fijación permite movimientos, lo que evita fisuraciones. Los sistemas adheridos usualmente plantean problemas de fisuración al hacerse solidarios con el sustrato o con el soporte base. Sólo debe utilizarse la adherencia total de la membrana cuando no es posible garantizar su permanencia en la cubierta ya sea frente a succiones del viento o cuando las pendientes son superiores al 5%, imposibles circunstancias en el caso de la solución constructiva que nos ocupa, por disponer de protección pesada que garantiza la sujeción de la membrana frente a viento y con pendientes inferiores al 5% por normativa. La semiadherencia, a pesar de ser un sistema recomendable por permitir movimientos, lo que evita fisuraciones., apenas tiene uso en España. En base a todo lo mencionado en el párrafo anterior se han establecido tres niveles en el factor B.4.
<b>Bibliografía:</b> (AENOR, UNE 104402 Sistemas para la impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos modificados 1996), (Borso di Carminati Peris, y otros 2010), (Ferrerres Gómez, Prevención de humedades en cubiertas 2 2008), (Broto 2006), (de Cusa 1991), (Trujillo 2002)

### B.5 SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL PETO DE CUBIERTA

Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por una sola hoja de ladrillo cerámico o sistema equivalente.

Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas o sistema equivalente.

Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas y reforzado con pilastras o sistema equivalente.

#### Comentarios:

El sistema constructivo del peto de cubierta, si no es adecuado, puede ser el origen de diferentes lesiones contempladas en apartados anteriores.

Tras el análisis de la bibliografía existente en la materia y la consulta de arquitectos con demostrada experiencia, se han establecido tres niveles de sistemas constructivos del peto de cubierta en función de su durabilidad, los cuáles se reflejan en el factor B.5.

**Bibliografía:** (Múñoz Hidalgo, Cómo evitar errores en proyectos y obras (100 casos prácticos) 2009)

## FACTOR C: NIVEL CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### C.1 NIVEL DE CONTROL EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Control de ejecución de las obras inferior al establecido en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.

Control de ejecución de las obras según se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.

Control de ejecución de las obras superior al que se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.

#### Comentarios:

Debido a que el Código Técnico no establece niveles de control en la ejecución de las cubiertas, se ha recurrido al "Pliego General de Condiciones Técnicas en la Edificación" editado por el Instituto Valenciano de la Edificación, para establecer los niveles del factor C.1, por ser un documento de reconocido prestigio.

**Bibliografía:** (Borso di Carminat Peris, y otros 2010)

## FACTOR D: CONDICIONES INTERIORES

### D.1 CONDICIONES INTERIORES

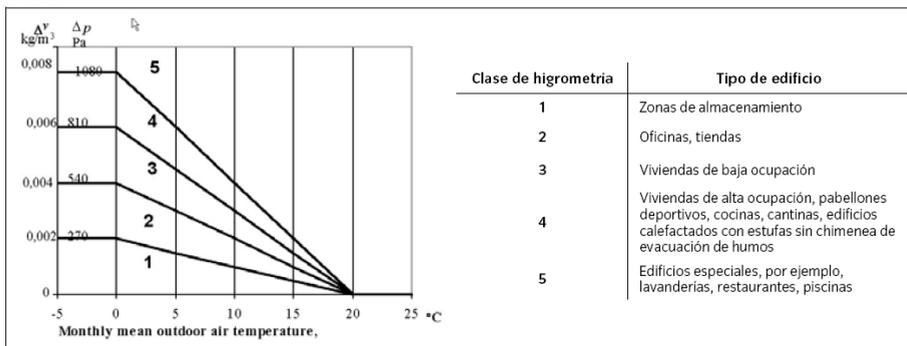
Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 1 ó 2 (zonas de almacenamiento, oficinas o tiendas).

Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 3 (viviendas de baja ocupación).

Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 4 o 5 (viviendas de alta ocupación, pabellones deportivos, cocinas, cantinas, edificios calefactados con estufas sin chimeneas de evacuación de humos, lavanderías, restaurantes, piscinas...etc).

#### Comentarios:

La humedad del espacio bajo cubierta puede ocasionar lesiones en la cubierta, tal como se ha expuesto en capítulos anteriores. El Código Técnico de la Edificación, a efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, contempla las 5 clases higrométricas de acuerdo a la clasificación que se expresa en la norma UNE-EN ISO 13788:2002.



**Figura 37 - Clases de higrometría (AENOR, UNE-EN ISO 13788:2002 Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788 2002)**

En base a la clase de higrometría del espacio bajo cubierta se han establecido tres niveles reflejados en el factor D.1.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006), (AENOR, UNE-EN ISO 13788:2002 Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788 2002)

## FACTOR G: NIVEL DE MANTENIMIENTO

### G.1 ACCESIBILIDAD DE LAS INSTALACIONES HÚMEDAS

No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y reparación.

**Comentarios:**

El Código Técnico de la Edificación establece en el Documento Básico de Seguridad Estructural de Fábrica establece que en el proyecto se debe prever el acceso a aquellas zonas que se consideren más expuestas al deterioro, tanto por agentes exteriores, como por el propio uso del edificio (zonas húmedas), y en función de la adecuación de la solución proyectada (cámaras ventiladas, barreras antihumedad, barreras anticondensación).

Teniendo en cuenta que las instalaciones húmedas tienen una vida útil menor que la cubierta, y que un mal mantenimiento de estas puede ocasionar lesiones graves, se ha considerado de especial importancia la accesibilidad a este tipo de instalaciones.

**Bibliografía:** (Ministerio de Vivienda 2006)

### G.2 ACCESIBILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO

No se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.

Se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.

**Comentarios:**

En el factor G.2 se han establecido dos niveles respecto a la accesibilidad para el mantenimiento de la cubierta partiendo de la premisa que una mayor accesibilidad de la cubierta para su limpieza puede favorecer el acometimiento de la misma y el de un mantenimiento regular por parte de los usuarios del edificio.

### G.3 NIVEL DE PROFUNDIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas.

Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.

**Comentarios:**

En el factor G.3 se han establecido dos niveles partiendo de la premisa que un estudio más exhaustivo y particularizado de la solución constructiva utilizada en el desarrollo del plan de mantenimiento puede generar operaciones de mantenimiento más adaptadas a la solución y que por lo tanto favorezcan en mayor medida una mayor durabilidad de la cubierta.



## Anejo E Glosario

Se expone a continuación la terminología contenida en la ISO 15686 Parte 1 [ISO 2000]:

**Vida útil:** Periodo de tiempo desde que se construye un edificio hasta que éste o alguna de sus partes deja de ser adecuado para el uso al que está destinado.

**Vida útil de referencia:** Vida útil que se espera de un edificio o alguna de sus partes en unas determinadas condiciones de uso

**Vida útil estimada:** Vida útil que se espera de un edificio o alguna de sus partes en unas determinadas condiciones de uso calculada corrigiendo la vida útil de referencia en términos de materiales, proyecto, condiciones ambientales, uso y mantenimiento.

**Vida de diseño:** Vida útil esperada por el proyectista.

**Vida útil prevista:** Vida útil prevista teniendo en cuenta un estudio en el tiempo

**Vida útil pronosticada:** Vida útil basada tanto en la vida útil prevista como en la vida útil estimada.

**Planificación de la vida útil:** Diseño del edificio y todas sus partes con el objetivo de conseguir la vida útil deseada.

**Vida útil residual:** Lo que a un edificio o alguna de sus partes le queda de vida útil en un determinado momento.

**Ensayos de envejecimiento:** Combinación de diferentes condiciones de exposición y evaluación del rendimiento del componente evaluado para hallar los cambios que se producen en las propiedades críticas con el propósito de la predicción de la vida útil.

**Agentes degradantes:** Cualquier cosa que afecte negativamente al comportamiento del edificio o alguna de sus partes.

**Mecanismos de degradación:** procesos químicos, mecánicos o físicos que conducen a cambios adversos en una propiedad fundamental de un componente.

**Degradación:** Cambios a lo largo del tiempo en la composición, microestructura y propiedades de un componente o material que reduce su rendimiento.

**Durabilidad:** Capacidad de los edificios o alguna de sus partes para desenvolver el papel para el cual fueron diseñados durante un periodo específico bajo la influencia de determinados agentes. La durabilidad no es una propiedad inherente de un material o componente.

**Exposición en edificios experimentales:** Exposiciones de larga duración de determinados ítems en edificios concretos donde las condiciones se pueden monitorizar y en algunos casos controlar.

**Campo de exposición:** Exposición a largo plazo de determinados ítems en localizaciones específicas con condiciones ambientales conocidas /agentes).

**Envejecimiento:** Degradación debido a la influencia de agentes que afectan a su comportamiento durante un largo periodo de tiempo.

**Fallo:** Pérdida de la capacidad de un edificio o alguna de sus partes de llevar a cabo una función específica.

**Rendimiento:** Nivel cualitativo de una propiedad fundamental en cualquier momento del tiempo.

**Reparación:** Devolver al edificio o a alguna de sus partes a unas condiciones aceptables con la renovación, reposición o corrección de las partes dañadas o degradadas.

**Mantenimiento:** combinación de acciones técnicas y administrativas durante la vida útil para mantener al edificio o a alguna de sus partes en un estado en el que pueda desarrollar la función que le es establecida.

**Rehabilitación:** modificaciones y mejoras de un edificio existente o alguna de sus partes para continuar con unas condiciones aceptables.

**Restauración:** acciones orientadas a devolver a una pieza su apariencia original.

**Coste del ciclo de vida:** Coste total de un edificio o alguna de sus partes durante su vida útil, incluyendo los costes de proyecto, adquisición, construcción, mantenimiento y el derribo.

## Anejo F Bibliografía

- Abbott, James . «Developing an effective service life asset management and valuation model.» *13th Pacific-Rim Real Estate Society Conference*. Fremantle, 2007.
- ABCB, Australian Building Codes Board. *Guideline on durability in Buildings*. Canberra: Commonwealth, States and Territories of Australia, 2003.
- Abraham, D.M., y R. Wirahadikusumah. «Development of prediction models for sewer deterioration. .» *8th International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Vancouver, 1999.
- Adell Argilés, J.M. *Arquitectura sin fisuras*. Madrid: Munilla-Lería, 2000.
- AENOR. *UNE 104402 Sistemas para la impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos modificados*. Norma, Madrid: AENOR, 1996.
- AENOR. *UNE-EN 13914-1 Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 1: Revoco exterior*. Norma, Madrid: AENOR, 2006.
- AENOR. *UNE-EN 15459 Eficiencia energética de los edificios. Procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios*. Norma, Madrid: AENOR, 2008.
- AENOR. *UNE-EN 771-1:2003 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida*. Normativa, Madrid: AENOR, 2003.
- AENOR. *UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido*. Norma, Madrid: AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación, 2010.
- AENOR. *UNE-EN ISO 11600:2005 Edificación. Productos para juntas. Clasificación y requisitos para sellantes*. Norma, Madrid: AENOR, 2005.
- AENOR. *UNE-EN ISO 12944-2:1999 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes*. Normativa, Madrid: AENOR, 1999.
- AENOR. *UNE-EN ISO 13788:2002 Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788:2001)*. Norma, Madrid: AENOR, 2002.
- AENOR. *UNE-EN ISO14044 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices*. Norma, Madrid: AENOR, 2006.
- Aguado Alonso, Luis. *Humedades en la edificación. Control de calidad en la impermeabilización*. Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, 1997.
- AIJ, Architectural institute of Japan. *The English Edition of Principal Guide for Service Life Planning of Buildings*. Architectural Institute of Japan, 1993.

- Anderson, Jane, David Shies, y Kristian Steele. *The green guide to specification*. 4ª. Londres: BRE, 2009.
- Anderson, Jane, y David Shiers. *The green guide to specification*. 3ª. Londres: Blackweel science, 2002.
- ANFAPA, Asociación nacional de fabricantes de morteros industriales. *Morteros monocapa. Revestimientos de fachada. Criterios de proyecto y puesta en obra*. Barcelona: ITEC, 2008.
- Ansell, A., G. Racutanu, y H. Sundquist. «A Markov approach in estimating the service life of bridge elements in Sweden.» *9th International conference on Durability of Building Materials and Components*. Brisbane, 2002.
- Aragón Fitera, Jorge. *Análisis estadístico de la patología de forjados de hormigón armado*. Tesis, La Coruña: Universidad de la Coruña, 2010.
- ASHRAE. «ASHRAE Owing and operating cost database.» Proyecto de investigación 1237-TRP, 2011.
- Asociación Nacional de fabricantes de mortero AFAM. *Morteros con marcado CE*. Madrid: AFAM, 2010.
- Astigarraga, Eneko . *El método Delphi*. Facultad de CC.EE. y Empresariales., San Sebastian: Universidad de Deusto, 2011.
- Bailey, D.M., c.G. Cash, y A.G. Davies Jr. «Predictive Service Life Tests for Roofing Membranes – Phase II Investigation of Accelerated Aging Tests for Tracking Degradation of Roofing Membrane Materials.» USACERL TR-01, 2002.
- BCIS. *Life Expectancy of Building Components. Surveyors' Experiences of Buildings in Use. A Practical Guide*. Londres: BCIS, 2006.
- Beech, J.C. «Test methods for the movement capability of building sealants; The "state of the art".» *Materials and Structures* 18(6) (1985): 473-482.
- Bellmunt i Ribas, R., A. Paricio i Casademunt, y N. Vila i Martínez. *Reconocimiento, diagnosis e intervenció en fachadas*. Barcelona: ITEC, 2002.
- Bilec, Melissa M., y Can B. Aktas. «Service life prediction of residential interior finishes for life cycle assessment.» *International Journal of Life Cycle Assessment* 17, nº 3 (02 2012): 362-371.
- Borso di Carminati Peris, Marta, y otros. *Pliego General de Condiciones Técnicas en la Edificación*. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación, 2010.
- Brand, Stewart. *How buildings learn. What happens after they are built?* Viking: Penguin Books, 1995.
- Brischke, C., R. Bayerbach, y A.O. Rapp. «Decay-influencing factors: A basis for service life prediction of wood and wood-based products.» *Wood Material Science and Engineering* 1(3) (2006): 91-107.

- Broto, Carles. *Enciclopedia broto de las patologías de la construcción*. Barcelona: Links International, 2006.
- BSI, British Standards Institution. *BS 7543:1992 Guide to Durability of Buildings and Building Elements, Products and Components*. Londres: British Standards Institution, 1992.
- Building Defects Insurance. *Construction Durability Data*. Database, Londres: BLP, 2006.
- Building Industry Authority. *New Zealand Building Code. Clause B2 Durability*. Wellington: Building Industry Authority, 1992.
- CAATB. *Mantenimiento y gestión de los edificios, la tendencia Europea*. Barcelona: CAATB, 2000.
- Canadian Standards Association. *CSA S478-95 Guideline on Durability in buildings*. Norma, Etobicoke: Canadian Standards Association, 2007.
- Cash, C.G. «Estimating the Durability of Roofing Systems. Durability 2000: Accelerated and Outdoor Weathering Testing.» Norma ASTM STP 1385, Ketola, 2000.
- Cash, C.G., D.M. Bailey, A.G. Davies Jr., A.H. Delgado, D.L. Niles, y R.M. Paroli. «Predictive Service Life Tests for Roofing Membranes.» *10th Intl. Conf. Durability of Building Materials & Components, 10dbmc*. Lion, 2005.
- Cash, C.G., y D.M. Bailey. *Predictive Service Life Tests for Roofing Membranes*. Interim Report (IR), CERL, 1993.
- Cecconi, F. «Epistemic Uncertainty Propagation in Service Life Prediction Using the Factor Method.» *XII DBMC International conference on durability of building materials and components*. Oporto: CIB, 2011. 1144-1152.
- . «Performance lead the way to service life prediction.» *9th International conference on Durability of Building Materials and Components*. Brisbane, 2002. Paper 213.
- CEN/TC 175 Round and sawn timber. «WI 00175150: Product category rules for wood and wood based products for Environmental Product Declaration.» Norma, 2011.
- CIBSE. *Indicative life expectancy for building services plant, equipment and systems*. Londres: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2000.
- CMHC, Canada Mortgage and Housing Corporation. *Service Life of Multi-Unit Residential Building, Elements and Equipment*. Ontario: CMHC, 2000.
- Colegio oficial de arquitectos de cataluña. *25 Fichas de patología. Carpeta N°1*. Barcelona: Colegio oficial de arquitectos de cataluña, 1980.
- . *25 Fichas de patología. Carpeta N°2*. Barcelona: Colegio oficial de arquitectos de cataluña, 1981.
- Comisión Europea. *Durability and the Construction Products Directive, Guidance Paper F*. Bélgica: Comisión Europea, 1999.

- Comisión Técnica de ANFI. *Impermeabilización en la edificación sobre y bajo rasante, con láminas bituminosas modificadas Sistemas y puesta en obra*. Madrid: AENOR, 2008.
- Comité Europeo de Normalización. *Eurocódigo 6. Proyecto de estructuras de fábrica*. Normativa, Comisión Europea, 1996.
- Corvacho, Helena , y Marisa Antunes Quintela. «Establishing Specific Criteria for the Application of ISO15686 Factor Method for Service Life Estimation.» *XII DBMC International conference on durability of building materials and components*. Oporto: CIB, 2011. 1185-1192.
- Costa Pereira, A. *Estudio de métodos probabilísticos para la predicción de la vida útil de estructuras de hormigón : influencia del factor variabilidad espacial en el caso de plataformas offshore en Brasil*. Tesis doctoral, Ingeniería Civil: Construcción, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid: E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM), 2003.
- Costmodelling Limited. «Typical life expectancy of building components.» York, 2009.
- Croll, S.G., y B.R. Hinderliter. «Estimating service lifetimes in weathering: an optimistic view.» *J. Coat. Technol. Res.* 4(3) (2007): 217–230.
- CSA, Canadian Standards Association. *CSA S478-1995 Guideline on durability in buildings*. Ottawa: Canadian Standards Association, 1995.
- Cucciniello, Sabato. «Mantenimiento y durabilidad de los elementos que forman una cubierta.» *Mantenimiento y gestión de edificios, la tendencia Europea*. Barcelona: Col.legi d'aparejadors i arquitectes tècnics de Barcelona, 2000.
- Daniotti, Bruno. «Durability evaluation and control to prevent building pathologies.» 2º *Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Rehabilitação dos Edifícios*. Lisboa: LNEC, 2003. 97-105.
- Daniotti, Bruno, y Sonia Spangolo. «Service life prediction tools for buildings design and management.» *11th International Conference on durability of building materials and components 11DBMC*. Estambul, 2008.
- Davies, H., y D. Wyatt. «Appropriate use of the ISO 15686-1 factor method for durability and service life prediction.» *10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components*. Lion, 2005.
- de Cusa, Juan. *Reparación de lesiones en edificios*. Barcelona: Ediciones CEAC, 1991.
- Departamento de construcción de la ETSAV. *Patología de fachadas urbanas*. Valladolid: Universidad de Valladolid, 1987.
- Díaz Gómez, César. «Non-Structural Pathology in Modern Residential Building.» *Libros de Actas IAHS World Congress on Housing*. Coimbra, 2002. 1795-1802.
- . «Patología de los recubrimientos cerámicos.» *VIII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico*. Castellón: Cámara Oficial de Comercio,

- Industria y Navegación de Castellón y Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 2004.
- Emmanuel, V., y A. Arixti. «Mantenimiento versus reparación, una visión estadística.» *Boletín ASEMAS*, 1996: 8-10.
- Energie Schweiz. *Catalogue d'éléments de construction*. Herramienta web, Swiss Federal Office of Energy, 2009.
- EOTA, European Organization for Technical Approval. *Guidelines for European Technical Approval*. Bélgica: European Organization for Technical Approval, 1998-2010.
- Escribano Villán, Joseba. *Siniestralidad arquitectónica*. Bilbao: Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro, 1994.
- Fagerlund, G. «Service life with regard to frost attack – a probabilistic approach.» *8th International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Vancouver, 1999.
- Federal Office for Building and Regional Planning, . *Guideline for sustainable building*. Berlín: Ministry of Transport, Building and Housing, 2001.
- Ferreira, Ana Filipa. *Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes*. Editado por Instituto Superior Técnico. Lisboa: Universidades Técnica de Lisboa, 2009.
- Ferreres Gómez, T. y Cuervo Menéndez, L. *Prevención de humedades en cubiertas 1*. Vol. 1. Power Point. Editado por GEHC. Madrid, Madrid, 2008.
- Ferreres Gómez, T. y Cuervo Menéndez, L. *Prevención de humedades en cubiertas 2*. Vol. 2. Power point. Editado por GEHC. Madrid, Madrid, 2008.
- Fierz, Kaspar. *Der Schweizer Immobilienwert*. Zurich: USB, 2005.
- Flores Alés, Vicente. *Estudio, Caracterización y Restauración de Materiales Cerámicos*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, 1999.
- Flores-Colen, Inês , y Jorge de Brito. «A systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies.» *Construction and Building Materials*, 2010: 1718–1729.
- Floros Phelps, Andreas. «Is PVC the bad boy of sustainable design?» *Interface*, 2005: 12-13.
- Fombella Guillém, Ricardo. «Eflorescencias en las fachadas de ladrillo cara vista.» *NA: nueva arquitectura con arcilla cocida*, nº 5 (1997): 55-62.
- Frohnsdorff, G.J.C. «Predicting the service lives of materials in construction.» *4th Materials Engineering Conference: Materials for the new millennium*. Washington DC, 1996. 10-14.
- Frohnsdorff, G.J.C., y J. W. Martin. «Towards prediction of building service life: The standards imperative.» *7th International Conference on the Durability of Building Materials and Components*. Estocolmo, 1996.

- García Olmos, Francisco. *Manual de prevención de fallos: Corrosión metálica en construcción*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia, 2012.
- García-Prieto Ruiz, Alejandra, y Begoña Serrano Lanzarote. *Manual de inspección. Informe de conservación del edificio y evaluación energética*. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación, 2011.
- Gaspar, P., y J. de Brito. «Service life estimation of cement-rendered facades.» *Building Research & Information* 36, nº 1 (2008): 44-55.
- Gaspar, Pedro. *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Editado por Instituto Superior Tecnico. Lisboa: Universidade Tecnica de Lisboa, 2002.
- González Cudilleiro, Manuel, y otros. *Guía de la baldosa cerámica*. Valencia: Generalitat Valenciana, 2011.
- González Mora, Ronny. *Tesis vida útil ponderada de edificaciones*. Tesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla de México, 2005.
- González Valle, E., J.M<sup>a</sup> Cortés Bretón, y G. Marín Estévez. *Los 30 defectos más frecuentes en la calidad de la Edificación y sus soluciones*. Madrid: Cuadernos Intemac, 1999.
- Häkkinen, T., S. Vares, E. Vesikari, y V. Karhu. *Service life planning. Product specific service information*. VTT, Espoo: VTT, 2001.
- Hed, G. «Service life planning carried out in a building project.» *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings* 3 (2003).
- . «Service Life Planning in Building Design.» *CIB World Building Congress 1998*. Gävle: CIB, 1998.
- Hed, G. «Service Life Planning in Building Design.» Editado por University of Gävle. *Centre for Built Environment*, nº 4 (2000).
- . «Service life planning of building components.» *8th International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Vancouver, 1999.
- Hernández Aja, Agustín, y Mariano Vázquez Espí. «Clasificación multicriterio: una regla simple para tratar problemas complejos.» *sustentabilidad(es)* 1, nº 2 (2010): 192 - 208.
- Hispalyt. *Impermeabilidad frente al agua de lluvia de los ladrillos caravista*. Madrid: Instituto Nacional para la Calidad en la Edificación, 1985.
- Hovde, P. J. «Needs for service life prediction of passive fire protection systems.» *8th International Fire Science and Engineering Conference*. Escocia, 1999.
- Huete Fuertes, Ricardo, Carmen Rodríguez Liñan, Vicente Sanz Cuesta, Lidia Suárez Samaniego, y Antonio Jaramillo Morilla. *Protocolo de Inspección Técnica de Edificaciones ITE*. Sevilla: Colegio Oficial de Arquitectos de Sevilla, 2005.

- ICCL, Instituto de la Construcción de Castilla y León. «Informe estadístico anual.» Informe estadístico, ICCL, Instituto de la Construcción de Castilla y León, Burgos, 2010.
- Igal, M., M. Shoheta, y M. Paciuk. «Service life prediction of exterior cladding components under failure conditions pages .» *Construction Management & Economics* 24, nº 2 (2006): 131-148.
- Instituto de Ciencias de la Construcción E.Torroja. *Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación*. Madrid: Hispalyt, 2008.
- InterNACHI. *InterNACHI's Standard Estimated Life Expectancy Chart for Homes*. Boulder: International Association of Certified Home Inspectors (InterNACHI), 2012.
- ISO, International Organization for Standardization. *ISO 15686-1 Buildings and constructed assets - Service life planning Part 1: General principles and framework*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2011.
- ISO, International Organization for Standardization. *ISO 15686-1:2011 Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 1: General principles and framework*. Normativa, Ginebra: International Organization for Standardization, 2011.
- . *ISO 15686-10 Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 10: When to assess functional performance*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2010.
- . *ISO 15686-2 Building and Construction Assets - Service Life Planning - Part 2: Service Life Prediction Procedures*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2012.
- . *ISO 15686-3 Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 3, Performance audits and reviews*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2002.
- . *ISO 15686-5 Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 5, Whole life cycle costing*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2008a.
- . *ISO 15686-6 Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 6, Procedures for considering environmental impacts*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2004.
- . *ISO 15686-7 Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 7, Performance evaluation for feedback of service life data from practise*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2006.
- . *ISO 15686-8 Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 8, Reference service life*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2008b.
- . *ISO 15686-9 Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 9, Guide on service life declarations for building products*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2008c.

- ISO, International organization for standarization. *ISO 15686-8 Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 8 Reference service life*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2008.
- J. Dagenais Consulting Services. «Average life expectancy of all components in a house.» J. Dagenais Consulting Services, Ottawa, 2002.
- Jalvo, J., J. Jordán de Urries, José María Luzón, y A. Muñoz. *Puntos críticos en la estanquidad al agua de fachadas y cubiertas*. Madrid: INTEMAC, 1999.
- Jernberg, P., C. Sjöström, M.A. Lacasse, E. Brandt, y T. Siemes. *Service life and durability research for buildings and components Part01. Guide and bibliography to Service life and durability research for buildings and components*. Guide and bibliography to Service life and durability research for buildings and components, CIB W080/RILEM TC 140, CIB, 2004.
- Jernberg, P., C. Sjöström, y M. A. Lacasse. «State of the Art Report.» *Materials and Structures* (Materials and Structures), nº 196 (1997).
- Jiménes López, Luis. *Humedades en la construcción*. Barcelona: Ceac, 2005.
- Kaempfer, H.W., M. Berndt, y G. Voigtlaender. «Kaempfer, H.W., Berndt, M. and Voigtlaender, G. 2002. Estimation of residual service life for existing sewerage systems.» *9th International conference on Durability of Building Materials and Components*. Brisbane, 2002.
- Khuncumchoo, Non, Godfried Augenbroe, y Linda Thomas-Mobley. *Roof maintenance record analysis toward proactive maintenance policies*. College of Architecture, Georgia Institute of Technology, Georgia: RICS, 2007, 15.
- Lacasse, M.A. «Advances in service life prediction - an overview of durability and methods of service life prediction for non-structural building components.» *Annual Australasian Corrosion Association Conference*. Wellington, 2008. 1-13.
- Lacasse, M.A. «Advances in test methods to assess the long-term performance of sealants.» ASTM Special Technical Publication 1254, Science & Technology Building Seals, Sealants, Glazing & Waterproofing, 1994, 5-20.
- Lair, J. *Evaluation de la Durabilité des Systèmes Constructifs du Bâtiment*. Tesis, CSTB, 2000.
- Lair, J. *Failure Modes and Effect Analysis – Solar Panels*. Intermediary report, IEA, 2002b.
- Lair, J., J-L. Chevalier , y J. Rilling . «Operational methods for implementing durability in service life planning framework.» *CIB World Building Congress*. Wellington: CIB , 2001.
- Lair, J., y J-I: Chevalier. «Failure Mode Effect and Criticality Analysis for Risk Analysis (Design) and Maintenance Planning (Exploitation).» *9th Durability of Building Materials and Components 9DBMC*. Brisbane, 2002a.

- Legget, R. F., y N. B. Hutcheon. «Symposium on Some Approaches to Durability in Structures.» *ASTM STP* (American Society for Testing and Materials), nº 236 (1958): 35-44.
- Leira, B., J. Lingard, A. Nesje, E. Sind, y S. Saegrov. «Degradation analysis by statistical methods.» *8th International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Vancouver, 1999.
- Linstone, H., y M. Turoff. *The Delphi Method. Techniques and Applications*. Addison-Wesley, 1975.
- Listerud, Christian André, Svein Bjørberg, y Per Jostein Hovde. «Service Life Estimation of Facades - Use of the Factor Method in Practice.» *XII DBMC International conference on durability of building materials and components*. Oporto: CIB, 2011. 1136-1143.
- Llamas Pérez, Yolanda. «Impermeabilización de cubiertas con materiales no bituminosos.» *Boletín del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante*, 2004: 16-21.
- López Sánchez, P., J.M. Luzón Cánovas, A.M. Fernández Sáez, A. Muñoz Mesto, y I. Martínez Pérez. *Patología, técnicas de intervención y limpieza de fabricas de ladrillo*. Vol. 6. Madrid: INTEMAC, 2003.
- Lounis, Z., M.A. Lacasse, A.J.M. Siemes, y K. Moser. «Further steps towards a quantitative approach to durability design.» *CIB World Building Congress*. Gavle: CIB, 1998.
- Lozano Apolo, Gerónimo, Carlos Santolaria Morros, y Alfonso Lozano Martínez-Luengas. *Curso de tipología, patología y terapeutica de las humedades*. Oviedo: Consultores técnicos de construcción C.B., 1993.
- Lstiburek, Joseph. «Increasing the Durability of Building Constructions.» *Building Science Digests*, 2006.
- Luzón Cánovas, J.M., A. Fernández, A. Muñoz Mesto, y J.M. Sánchez Arroyo. *Juntas de dilatación en cerramientos de fachada de ladrillo. Distancias, detalles constructivos y ejecución*. Madrid: INTEMAC, 2001.
- Luzón Cánovas, José María, y Jesús Sánchez Arroyo. *Patología de los pavimentos cerámicos*. Madrid: INTEMAC, 2007.
- María Esbert, Rosa. *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Barcelona: Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 1996.
- Marteinsson, B. «Homes in Iceland-flexibility and service life fulfilment of functional needs.» *11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Estambul, 2008. 1485-1490.
- Marteinsson, B. «Durability and the factor method of ISO 15686-1.» Editado por Routledge. *Building research and information* (Taylor & Francis Group) 31, nº 6 (Noviembre-Diciembre 2003): 416-426.

- Marteinsson, B. *Durability of wood windows and the factorial method of ISO15686-1*. Project report, . , Keldnaholt: The Icelandic Building Research Institute, 2001.
- . «Service Life and Maintenance Needs of Corrugated Steel.» *XII DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Oporto: CIB, 2011. 524-531.
- Marteinsson, B. *Service life estimation in the design of buildings, a development of the factor method*. PhD Thesis, Centre for built Environment, Department of Technology and Built Environment, KTH Research school, Gävle: University of Gävle, 2005, 146.
- Martin, J.W. «Systems Approach to the Service Life Prediction Problem for Coating Systems.» *Corrosion 97 Research Topical Symposia*. 1997. 235-258.
- Martin, J.W., S.C. Saunders, F.L. Floyd, y J.P. Wineburg. «Methodologies for Predicting the Service Lives of Coating Systems.» NIST BSS 172, Federation Society for Coatings Technology, 1994.
- Martin, J.W., y D.R. Bauer. «Service Life Prediction: Methodology and Metrologies.» *ACS Symposium Series 805*. Washington DC: American Chemical Society, 2002.
- Martin, J.W., y M.E. McKnight. «Prediction of the service life of coatings on steel Part III: Categorizing the performance of coating systems of the basis of their corrosion and blister patterns. .» *J. Coatings Technol.* 57(724) (1985): 49-55.
- Masters, L. W., y E. Brandt. «Systematic methodology for service life prediction of building materials and components.» *RILEM Recommendation, Materials and Structures 22* (1989): 385-392.
- Matsuda, Kei , Kei-ichi Imamoto, Manabu Kanematsu, Takumi Ota, Kenji Motohashi, y Takashi Nireki. «Service Life Prediction of Surface Finishing Coating Systems Based Upon Markov Chain Model.» *XII DBCM International conference on durability of building materials and components*. Oporto: CIB, 2011. 556-563.
- McDuling, Johann . «Condition-Based Service Life Prediction and Planning in Practice.» *XII DBMC International conference on durability of building materials and components*. Oporto: CIB, 2011. 1177-1184.
- Merkel, Holger. «Long-term Performance of Extruded Polystyrene Thermal Insulation Products.» *11th Internacional Conference on durability of building materials and components 11DBMC*. Estambul, 2008.
- Minis. de Relac. con las Cor. y de la Secr. del G. *Pliego general de condiciones para la recepción de los ladrillos cerámicos en las obras de construcción RL-88*. Norma, Madrid: Gobierno de España, 1988.
- Ministerio de Fomento. *Estadística de edificación y vivienda*. Estadística, Madrid: Ministerio de Fomento, 2007 a 2010.
- . *Instrucción hormigón estructural. EHE*. Vol. B.O.E. Real Decreto 1247/2008. Madrid: Ministerio de fomento, 2008.

- . *Real Decreto-ley 8/2011, de 1 de julio, de medidas de apoyo a los deudores hipotecarios, de control del gasto público y cancelación de deudas con empresas y autónomos contraídas por las entidades locales...* Madrid, 2011.
- Ministerio de Vivienda. *Catálogo de elementos constructivos Versión preliminar: Marzo 10. Borrador.* Normativa, Madrid: Gobierno de España, 2010.
- Ministerio de Vivienda. *Código Técnico de la Edificación.* Normaiva, Madrid: Gobierno de España, 2006.
- Monjo Carrió, Juan. «Chequeo constructivo de fachadas de Madrid/España.» *Informes de la construcción* 43, nº 418 (1992): 35-52.
- Monjo Carrió, Juan. «Durabilidad vs Vulnerabilidad.» *Informes de la Construcción*, 2007: 43-58.
- . *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos.* Madrid: Munilla-Lería, 2010.
- Mora Maíz, Miguel Ángel. *Estudio sobre la estabilidad estática de los cerramientos de ladrillo cerámico en la zona del frente de forjado.* Proyecto final de máster, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2008.
- Morelli, Martin, Diana Lauritsen, y Svend Svendsen. «Investigation of Retrofit Solutions of Window-Wall Assembly Based on FMEA, Energy Performance and Indoor Environment.» *XII DBMC – 12th International Conference on Durability of Building Materials and Components.* Oporto, 2011. 873-880.
- Morrison Hershfield Limited. *Maintenance, repair and replacement effects for building envelope materials.* Ottawa: Athena sustainable materials institute, 2002.
- Moser, Konrad , y Per Jostein Hovde. *Performance based methods for service life prediction.* CIB Report Publication 294, Rotterdam: CIB, 2004.
- Muñoz Hidalgo, Manuel. *Cómo evitar errores en proyectos y obras (100 casos prácticos).* Sevilla, 2009.
- . *Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación.* 2004.
- NAHB Research Center, y Upper Marlboro. *Durability by design.* Editado por PATH. Washington: U.S. Department of Housing and Urban Development, 2002.
- Nguyen, M.N., R.H. Leicester, y C.H. Wang. *Manual No. 9, Service Life Models for Timber Structures Protected in Building Envelope.* CSIRO, 2008.
- Nilsson, Lars-Olof, S. Vares, y E. Vesikari. *Service-life tools for concrete structures. ICT for whole life optimization of residential buildings.* Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2007, 120-141.
- Nireki, T. «Service Life Design.» *Construction and Building Materials*, nº 5 (1996).
- Noortwijk, J., y D. Frangopol. «Deterioration and maintenance models for insuring safety of civil infrastructures at lowest life-cycle cost.» *Life-cycle performance of deterioration structures: assessment, design and management* (American Society of Civil Engineers (ASCE)), 2004: pp. 384-391.

- O'Brien, William. «Control de Calidad, Comportamiento y Durabilidad del Sellado Estructural con Siliconas.» *SISTEC CER*, 2003.
- Ochoa y Morón, Bernat. «Rehabilitar i mantenir el construït, una necessitat inajornable.» *APCE Habitatge*, 1998: 40-44.
- Parsons Brinckerhoff Facilities Services. *Condition Assessment Survey (CAS) Manual*. Washington, DC: The United States Department of Energy, 1993.
- Peláez Avendaño, Javier. *Mantenimiento de los edificios*. INCE, 1983.
- Pérez Navarro, Julián, Antonio Álvarez Sandoval, Josep Borrull Preixens, y Joaquín Sarabia. *Prevención de fallos en revestimientos con morteros monocapa*. Murcia: Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transporte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, 2007.
- Plataforma Tecnológica Española de la Construcción. *Visión estratégica 2025*. Plataforma Tecnológica Española de la Construcción, 2010.
- Puertas del Río, Carlos, y José Blanco Perrín. *La estabilidad de los cerramientos de ladrillo luces y sombras*. Asociación Española para la Calidad, 2003.
- Råberg, U., M. Edlund, N. Terziev, y C.J. Land. «Testing and evaluation of natural durability of wood in above ground conditions in Europe – an overview.» *Journal of Wood Science* 51 (2005): 429-440.
- Rapp, A.O., y C. Brischke. «Dose–response relationships between wood moisture content, wood temperature and fungal decay determined for 23 European field test sites.» *Wood Science Technologies*, nº 42 (2008): 507-518.
- Región de Murcia. *Anexo técnico de la IV edición de los premios de Calidad en la Edificación d ela Región de Murcia*. Murcia: Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2010.
- REPAB. *Repab Faktaböcker : Underhållskostnader – mark, bygg, måleri, installationer*. REPAB, 1997.
- Rex Lario, Vicente. *Manual prevención de fallos: Estanqueidad en cubiertas planas*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia, 2012.
- RILEM TC 139-DBS. «Durability of Building Sealants Durability test method.» *Materials and Structures* 34(244). (2001): 579 – 588.
- RILEM TC 75-SLR. «Elastomeric, thermoplastic and modified bitumen roofing. A summary technical report of CIB W.83 and RILEM 75-SLR Joint Committee.» *Materials and Structures* 19(112) (1986): 323 – 331.
- Rojahn , Christopher , y Roland L. Sharpe. *ATC 13: Earthquake Damage Evaluation Data for California*. Norma, Redwood City: Applied technology council, 1985.

- Rosa Roca, Nuria. *Manual de prevención de fallo: Entanqueidad en fachadas*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia, 2012.
- Rossiter Jr, W.J., y R.G. Mathey. «Methodology For Developing Tests To Aid Service-Life Prediction Of Single-Ply Roofing Membranes.» *7th NBS/NRCA Conference On Roofing Technology*. 1983. 4-11.
- Sarja, A. *Instructions on methodology and application of models for the prediction of the residual service life for classified environmental loads and types of structures in Europe*. Deliverable of a Project funded by the European Community, Tampere: Technical Research Centre of Finland (VTT), 2003.
- Sarja, A., y E. Vesikari. «Durability Design of Concrete Structures.» *RILEM Report (E & FN Spon)*, nº 14 (1996).
- Seiders, David, y otros. *Life expectancy of home components*. Washington, DC: National Association of Home Builders, 2007.
- Shohet, I.M., y M. Paciuk. «Service life prediction of exterior cladding components under failure conditions.» *Construction Management and Economics* 24(2) (2006): 131-148.
- Shohet, I.M., y M. Paciuk. «Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions.» *Construction Management and Economics* 22(10) (2004): 1081-1090.
- Shohet, Igal M., y Monica Paciuk. «Service life prediction of exterior cladding components.» *Construction Management and Economics* (Spon Press), 2004: 1081–1090.
- Sika. *Juntas en la construcción y su correcto sellado*. Publicación: Sika Colombia S.A., 2006.
- Strand, S.M., y P.J. Hovde. «Use of service life data in LCA of building materials.» *8th International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Vancouver, 1999.
- Talon, A., J. Chevalier, y J. Hans. *State of the art report on Failure modes effects and criticality analysis research for and application to the building domain*. CIB Report, Centre scientifique et technique du batiment CSTB, CIB, 2006.
- Talon, Aurelie, Daniel Boissier, Jean-Luc Chevalier, y J. Hans. «A methodological and graphical decision tool for evaluating building component failure.» *CIB World Building Congress (CIB WBC 2004)*. Toronto, 2004.
- . «Temporal Quantification Method of Degradation Scenarios Based on FMEA.» *10th DBMC International of building materials and components*. Lyon, 2005. 554-561.
- Thelandersson, S., T. Isaksson, M. Häglund, y E. Frü. «Probabilistic methods for performance based service life evaluation of wooden components.» Editado por K. Nishijima. *11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*. Zurich: CRC Press, 2011. 1335–1342.

- Tremoleda i Pàmies, Nydia. «El programa de la Generalitat de Catalunya para la revisión del estado de conservación de los edificios de viviendas.» *Mantenimiento y gestión d'elos edificios. La tendencia Europea*. Barcelona: Col·legi d'aparejadors i arquitectes tècnics de Barcelona, 2000. 1-8.
- Trujillo, Lara. *Manual de Diagnòsis e Intervenció en Cubiertas Planas*. Barcelona: Col·legi d'aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 2002.
- Úbeda de Mingo, Pascual. *Rehabilitación y mantenimiento de edificios*. Madrid: Escuela universitaria de arquitectura tècnica de Madrid, 2001.
- Unió Europea. «89/106/CEE Directiva del consejo de 21 de Diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.» *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* (Unió Europea), 1989.
- Unió Europea. «Interpretative Documents of Council Directive 89/106/EEC.» *Official Journal of the European Communities* 37: 28, nº C62 (1994).
- Vieitez Chamosa, J.A. «Patología de la Construcción en España: Aproximación Estadística.» Tesis, Bilbao, 1984.
- Wang, C.H., R.H. Leicester, C.G. Foliente, y M.N. Nguyen. *Timber service life design guide*. Victoria: Forest and Wood Products Australia, 2007.
- Western Michigan University. «Sangren Hall: Building Systems Life Cycle Summary.» Kalamazoo, 2005.
- Wolf, A.T. *Durability of Building Sealants*. State-of-the-Art Report of RILEM TC 139-DBS, RILEM, 2004.
- Wornell, Paul, Kathryn Bourke, y Murray Fordham. *HAPM Component Life Manual*. Londres: Taylor & Francis, 1991.
- Zarzar Júnior, Fuad Carlos , Elaine Cristina da Rocha Silva, Mauro José Araújo Campelo de Melo, Rafaella Larissa Santos Ribeiro, y Arnaldo Manoel Pereira Carneiro. «Diagnosis of Pathological Manifestations and Service Life Estimation of Reinforced Concrete Structures of Water Reservoirs with Different Ages: Case Study.» *XII DBMC International conference on durability of building materials and components*. Oporto: CIB, 2011. 9.
- Zhang, Yan, Godfried Augenbroe, y Brani Vidakovic. «Uncertainty Analysis in Using Markov Chain Model to Predict Roof Life Cycle Performance.» *10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components*. Lion: Georgia Institute of Technology, 2005.

## **Anejo G Índice de tablas, figuras y gráficas**

### **Índice de tablas**

Tabla 1 - Ejemplos de grupos de trabajo y estudios llevados a cabo para determinar la vida útil de diferentes materiales o componentes de los elementos constructivos (Lacasse 2008). .....	30
Tabla 2 - Sugerencias de vidas de diseño mínimas por componentes (ISO 2000) .....	33
Tabla 3 - Vida útil de las construcciones y elementos constructivos (Comisión Europea 1999). .....	35
Tabla 4 - Vida útil hipotética de los edificios y materiales de construcción (EOTA 1998-2010) .....	35
Tabla 5 - Categorías de la vida de diseño de edificios (BSI 1992) .....	37
Tabla 6 - Categorías de la vida de diseño de los diferentes componentes de los edificios (BSI 1992) .....	38
Tabla 7 - Categorías de la vida útil de diseño de edificios contenida en la normativa canadiense CSA 478-95 (Canadian Standards Association 2007).....	39
Tabla 8 - Factores detallados de la ventana de madera blanda (ISO 2000).....	44
Tabla 9 - Valores de los factores resultantes (ISO 2008b).....	45
Tabla 10 - Valores de los factores y tipos de distribución (ISO 2008b).....	47
Tabla 11 - Aplicación de los diferentes métodos estadísticos para análisis de la degradación (Leira, y otros 1999) .....	55
Tabla 12 - Ejemplo de evaluación de una fuente utilizada en el estudio multicriterio (Building Defects Insurance 2006) .....	77
Tabla 13 - Ejemplo de dato de vida útil de referencia a partir de estudio multicriterio. Extracto de la tabla de datos de vida útiles de componentes de elementos constructivos en formato Excel. ....	77
Tabla 14 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de fachada de fábrica cerámica cara vista.....	79
Tabla 15 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de fachada con revestimiento continuo.....	80
Tabla 16 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de cubierta convencional con protección pesada.....	81
Tabla 17 – Datos de vida útil de referencia de los componentes del sistema constructivo de cubierta con protección de grava .....	82
Tabla 18 - Porcentaje de lesiones presentes en las fachadas estudiadas (Departamento de construcción de la ETSAV 1987).....	83

Tabla 19 - Porcentaje de lesiones presentes en las fachadas estudiadas en la ciudad de Madrid (Monjo Carrió 1992) .....	84
Tabla 20 - Datos extraídos de la gráfica sobre la sintomatología general detectada en los siniestros contenida en la publicación “Siniestralidad arquitectónica” (Escribano Villán 1994) .....	85
Tabla 21 - Número de reclamaciones presentadas sobre cada lesión (Úbeda de Mingo 2001) .....	88
Tabla 22 - Daños en función del elemento constructivo (Región de Murcia 2010).....	89

## Índice de Figuras

Figura 1 - Relación óptima entre la vida útil de los diferentes elementos constructivos de un edificio según su función (Brand 1995).....	18
Figura 2 - Degradación de las diferentes propiedades de un elemento constructivo (Ferreira 2009) .....	19
Figura 3 - Esquema sobre normas ISO relativas a la vida útil de edificios incluido en la ISO 15686-1 (ISO 2000).....	26
Figura 4 - Distribución estadística de un factor x. x = densidad, y= valores del factor (ISO 2008b) .....	47
Figura 5 - Fachada sur- Distribuciones de referencia de vida útil y factores (ISO 2008b) ...	48
Figura 6 - Distribuciones de vida útil estimadas de ventanas en diferentes orientaciones (ISO 2008b) .....	49
Figura 7 - Interface de usuario del programa ENNUS ® desarrollado por el centro de investigación técnica de Finlandia VTT (Technical Research Centre of Finland).....	52
Figura 8 - Función de deterioro de Markov (Moser y Hovde 2004).....	55
Figura 9 - Esquema de relación de los subproyectos del proyecto CÍCLOPE .....	69
Figura 10 - Encuesta sobre vida útil de elementos constructivos en edificios de viviendas utilizada en el desarrollo del método Delphi (CMHC 2000).....	92
Figura 11 Ejemplo de valores asignados a los factores .....	152
Figura 12 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006).....	198
Figura 13 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006) .....	199
Figura 14 - Grado de exposición al viento (Ministerio de Vivienda 2006).....	199
Figura 15 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006).....	208
Figura 16 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006) .....	209
Figura 17 - Grado de exposición al viento (Ministerio de Vivienda 2006).....	209
Figura 18 - Clasificación de las propiedades del mortero endurecido (AENOR, UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido 2010) .....	210
Figura 19 - Clasificación de las propiedades del mortero endurecido (AENOR, UNE-EN 998-1 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido 2010) .....	211

Figura 20 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006).....	218
Figura 21 - Valores del coeficiente de exposición $C_e$ (Ministerio de Vivienda 2006) .....	219
Figura 22 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006) .....	220
Figura 23 - Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (Ministerio de Vivienda 2006).....	221
Figura 24 - Intensidad pluviométrica (Ministerio de Vivienda 2006).....	221
Figura 25 - Zonas climáticas de invierno (Ministerio de Vivienda 2006).....	222
Figura 26 - Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (Ministerio de Vivienda 2006)..	222
Figura 27 - Clase de sellantes (AENOR, UNE-EN ISO 11600:2005 Edificación. Productos para juntas. Clasificación y requisitos para sellantes. 2005) .....	223
Figura 28 - Clases de higrometría (AENOR, UNE-EN ISO 13788:2002 Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788 2002) .....	227
Figura 29 - Zonas climáticas en función de la radiación incidente global (Ministerio de Vivienda 2006).....	230
Figura 30 - Valores del coeficiente de exposición $C_e$ (Ministerio de Vivienda 2006) .....	231
Figura 31 - Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual (Ministerio de Vivienda 2006) .....	232
Figura 32 - Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (Ministerio de Vivienda 2006).....	233
Figura 33 - Intensidad pluviométrica (Ministerio de Vivienda 2006).....	233
Figura 34 - Zonas climáticas de invierno (Ministerio de Vivienda 2006).....	234
Figura 35 - Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (Ministerio de Vivienda 2006)..	234
Figura 36 - Clase de sellantes (AENOR, UNE-EN ISO 11600:2005 Edificación. Productos para juntas. Clasificación y requisitos para sellantes. 2005) .....	235
Figura 37 - Clases de higrometría (AENOR, UNE-EN ISO 13788:2002 Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788 2002) .....	238

## Índice de gráficas

Gráfica 1 - Distribución de lesiones por elementos constructivos (Aragón Fitera 2010) .....	64
Gráfica 2 - Estado de conservación de los edificios de viviendas en Cataluña. Inspecciones realizadas con el Test “Casa en forma”. (Ochoa y Morón 1998).....	65
Gráfica 3 - Porcentaje de edificios que se aconseja intervenir en cada elemento (Tremoleda i Pàmies 2000).....	65
Gráfica 4 - Localización de síntomas de las inspecciones desfavorables (ICCL 2010) .....	66
Gráfica 5 - Viviendas en edificios de nueva planta según tipología constructiva del edificio. (Ministerio de Fomento 2007-2010) .....	68
Gráfica 6 - Presencia de lesiones en fachada obtenidas de la campaña “La casa en forma” .....	85
Gráfica 7 - Presencia de lesiones en cubierta obtenidas de la campaña “La casa en forma” .....	86
Gráfica 8 - Presencia de lesiones en revestimientos fachada obtenidas de la campaña “La casa en forma” .....	86
Gráfica 9 - Presencia de lesiones en elementos de fachada obtenidas de la campaña “La casa en forma” .....	87
Gráfica 10 - Presencia de lesiones en elementos de cubierta obtenidas de la campaña “La casa en forma” .....	87
Gráfica 11 - Distribución de siniestros por tipo de daño (Rosa Roca 2012).....	90