



# Estado del arte en el ámbito de la adaptación al cambio climático en la industria de la construcción de edificios residenciales. Metodología de análisis coste beneficio

## Resumen ejecutivo

*Página dejada en blanco intencionadamente*

**Aviso Legal:** Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Esta publicación es uno de los resultados del **Proyecto “Análisis Coste Beneficio de la Adaptación del Sector de la Construcción al Cambio Climático”**

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto

**Investigadores Principales del proyecto:** Aragón-Correa, Juan Alberto (Universidad de Granada); Hurtado-Torres, Nuria Esther (Universidad de Granada)

**Equipo de investigación y autores de los informes (por orden alfabético):** Aragón-Correa, Juan Alberto; Cordón-Pozo, Eulogio; Delgado-Márquez, Blanca Luisa; Hurtado-Torres, Nuria Esther; Ortiz-Martínez de Mandojana, Natalia

**Gestores del Proyecto:** Córcoles-Gil, Carolina; Gómez-Bolaños, Efrén

**Con el apoyo de:** Fundación Biodiversidad, del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y la Universidad de Granada



**Colaboran:** Asociación Provincial de Constructores y Promotores de Málaga, Asociación de Promotores Constructores de España y la Confederación Nacional de la Construcción

**Fotografía:** Portada de James Baldwin (2017). Foto de casa entre arboles (fotografía). Recuperado de Unsplash; Portada de Nguyen Pham (2016). Hoja de palma (fotografía modificada). Recuperado de Unsplash; Página 5 Mike Wilson (2017). Bombillas (fotografía). Recuperado de Unsplash.

**Fecha de Publicación:** enero de 2018

Tanto el documento completo como el documento ejecutivo están disponibles en la web:

<http://sustainability.ugr.es/> #adaptacionCC

# QUIÉNES SOMOS

Los autores de este informe son investigadores de la Universidad de Granada (España) con una importante experiencia en sostenibilidad y empresa. Todos los investigadores forman parte del Grupo de Investigación Innovación, Sostenibilidad y Desarrollo Empresarial (ISDE) de la Universidad de Granada.

El Grupo ISDE cuenta con más de 30 investigadores a tiempo completo trabajando en distintos temas relacionados con la gestión de empresas que incluyen la internacionalización, la innovación, la estrategia de negocio, o la relación con los agentes del entorno, entre otros. El grupo

de investigación ha desarrollado múltiples proyectos de investigación en estos ámbitos en colaboración con empresas privadas e instituciones públicas. El grupo es uno de los más antiguos y productivos de Europa en el ámbito de la gestión medioambiental.

Puede encontrar más información sobre el equipo de investigadores relacionados con sostenibilidad en su página web:

<http://sustainability.ugr.es>.

Los investigadores participando en este proyecto son los siguientes (por orden alfabético):



J. Alberto  
**Aragón  
Correa**



Eulogio  
**Cordón  
Pozo**



Blanca  
**Delgado  
Márquez**



Nuria  
**Hurtado  
Torres**



Natalia  
**Ortiz Martínez  
de Mandojana**





# LA FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD

La Fundación Biodiversidad fue creada en 1998 por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente con el objetivo de conservar y preservar el capital natural y la biodiversidad. Para lograr este objetivo la fundación se encarga de captar ayudas y fondos destinados a proyectos que fomentan la protección del patrimonio natural y la biodiversidad. Dichos proyectos son elaborados por la propia fundación o por diferentes organismos como ONG, centros de investigación o universidades.

Según Sonia Castañeda, Directora de Fundación Biodiversidad, *“La biodiversidad es esencial para el desarrollo de la vida, clave para mantener nuestro bienestar y una oportunidad para la generación de riqueza y empleo. Desde la Fundación Biodiversidad trabajamos para su protección desde un enfoque sostenible e integrador.”*

La Fundación Biodiversidad aprobó el proyecto “Análisis Coste Beneficio de la Adaptación del Sector de la Construcción al Cambio Climático” (CA\_CC\_2016) presentado por la Universidad de Granada, que es la fuente principal de financiación de este trabajo.





# ÍNDICE

1. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN .....	8
2. ASPECTOS EXTERNOS A LA EMPRESA QUE PUEDEN INFLUIR EN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE UNA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN.....	10
3. MEDIDAS PARA ADAPTAR EDIFICIOS RESIDENCIALES AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	16
4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS COSTE BENEFICIO (ACB) PARA LA VALORACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES .....	19
5. CONCLUSIONES.....	21
6. REFERENCIAS .....	22

## 1. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN

El cambio climático es la variación de los patrones climáticos (i.e., temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.) de la tierra. La causa principal de este cambio se atribuye a la actividad humana a través de la creciente emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que provocan la retención del calor del sol en la atmósfera de la tierra (Oficina Española del Cambio Climático, 2017). Tal y como señala el quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) “el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado” (IPCC, 2013, p. 2).

**“Se prevé que el cambio climático provocará falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor”**

El impacto económico y social del cambio climático es enorme. Se prevé que el cambio climático provocará falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor (Oficina Española del Cambio Climático, 2017). Ante esta situación, existe un creciente consenso político a nivel internacional sobre la necesidad de emprender medidas de mitigación y adaptación de manera complementaria. Las medidas de mitigación al cambio climático tienen como objetivo reducir los efectos negativos del cambio climático. La mitigación puede ser entendida, por tanto, como una lucha contra el cambio climático ya que intenta paliar las causas que lo ocasionan. La adaptación al cambio climático tiene por objetivo reducir la vulnerabilidad de la sociedad y la susceptibilidad de los sistemas naturales ante los efectos reales o esperados del cambio climático. Las medidas de adaptación son aquéllas llevadas a cabo para ajustar y adecuar la vida humana al cambio climático. Con estas medidas se trata de evitar posibles daños causados por la variabilidad del clima y los fenómenos climáticos extremos generando, entre otros, una menor mortalidad relacionada con el calor (Hof, Boot, van Vuuren y van Minnen, 2014).

Las infraestructuras, en general, y los edificios, en particular, son activos de gran valor particularmente vulnerables al cambio climático debido a su larga vida útil, sobre la cual los impactos del cambio climático serán cada vez más pronunciados (Bosello, Carraro y De Cian,



2013). Además, aproximadamente un tercio de las emisiones mundiales de GEI son provocadas por edificios (Gago, Hanemann, Labandeira y Ramos, 2012). La principal fuente de estas emisiones es el consumo de energía. En España, el sector de la edificación tiene un peso aproximado del 30% en el consumo de energía final (31,03 % en 2015), repartido en un 18,5% en el sector de la edificación residencial y un 12,5% en el sector no residencial integrado por el comercio, los servicios y las Administraciones Públicas (Ministerio de Fomento, 2017).



Existen estudios que indican que con la aplicación de nuevas tecnologías (muchas de ellas ya probadas y comercialmente disponibles) el consumo de energía tanto en los edificios nuevos como en los existentes podría reducirse de un 30 a 80 por ciento con un beneficio neto potencial durante la vida útil del edificio (Gago et al., 2012). El objetivo de la Unión Europea (UE) para 2020, recogido en la Directiva Europea de eficiencia Energética de Edificios (2010/31/EU), es crear edificios pasivos o edificios de demanda casi nula de energía - *nearly zero-energy building (NZEB)*-. En esta directiva se establece que para el 31 de diciembre de 2020, todas las nuevas construcciones deben ser de consumo energético 0. La fecha límite es aún más temprana edificios públicos (final de 2018). Este es un objetivo ambicioso y “marca una barrera decisiva para la eficiencia energética en edificación, en tanto la eficiencia que deberán presentar esos edificios deberá ser muy elevada respecto a la demandada por las normativas actuales” (Green Building Council España, 2012, p.10).

En esta directiva se establece que para el 31 de diciembre de 2020, todas las nuevas construcciones deben ser de consumo energético 0. La fecha límite es aún más temprana edificios públicos (final de 2018). Este es un objetivo ambicioso y “marca una barrera decisiva para la eficiencia energética en edificación, en tanto la eficiencia que deberán presentar esos edificios deberá ser muy elevada respecto a la demandada por las normativas actuales” (Green Building Council España, 2012, p.10).

Está en la mano de promotores inmobiliarios y las empresas constructoras adoptar medidas que incorporen tecnologías y prácticas avanzadas que reduzcan las emisiones de GEI y la vulnerabilidad de los edificios ante los nuevos patrones climáticos. Mientras ya existen diversos trabajos respecto a las medidas de mitigación (ej., en 2012 el Green Building Council España realizó un Análisis Coste Beneficio en el sector residencial para medidas de mitigación del cambio climático), las medidas de adaptación en el sector de la construcción han sido escasamente evaluadas y solo asociadas a ejemplos específicos. Por ejemplo, en 2016 se llevó a cabo un análisis piloto de medidas de adaptación en el sector de la construcción, en concreto en la planta desalinizadora de agua de mar del Canal de Alicante, incluido dentro de la guía metodológica para el análisis y priorización de medidas de adaptación al cambio climático (Soloun, Gómez, Urban y Gómez, 2016b).

**“En España, el sector de la edificación tiene un peso del 30% en el consumo de energía”**

El objetivo final de este proyecto es la elaboración de un análisis coste beneficio (ACB) de las principales medidas de adaptación a abordar por una empresa de construcción para reducir la

vulnerabilidad de los edificios residenciales al cambio climático. El ACB proporciona información importante y útil para la toma de decisiones, especialmente cuando se tienen que distribuir fondos escasos para la adaptación. No cabe duda de que, en el caso del sector privado, el ACB resulta de aplicación más natural y orienta de forma más efectiva la toma de decisiones (Solaun, Gómez, Urban y Gómez, 2016a).

Para ello, a continuación se presenta un breve análisis de los principales factores externos que pueden afectar la toma de decisiones en materia de adaptación en una empresa de construcción de edificios. En segundo lugar, se recogen un conjunto de medidas que, sin ánimo de ser exhaustivo, pretende ilustrar importantes aspectos que deberían considerar las empresas de construcción en relación a la adaptación. Finalmente se presentan algunas cuestiones a considerar en la aplicación del ACB a medidas de adaptación al cambio climático.

## 2. ASPECTOS EXTERNOS A LA EMPRESA QUE PUEDEN INFLUIR EN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE UNA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN

Uno de los principales inconvenientes para la adopción de medidas de adaptación ante el cambio climático es la evaluación de las soluciones más eficientes en condiciones de alta incertidumbre. La eficiencia económica se define en referencia a un conjunto de actores, opciones, preferencias, tecnologías de producción, restricciones, conjuntos de información y las reglas de comportamiento existentes en un momento dado (Gago et al., 2012). Existen una gran cantidad de factores que pueden hacer cambiar los costes y beneficios en la elección de medidas de adaptación al cambio climático, entre ellos se destacan los siguientes:

**“Existen una gran cantidad de factores que pueden hacer cambiar los costes y beneficios en la elección de medidas de adaptación al cambio climático.”**

---

### *Evolución del cambio climático*

La incertidumbre sobre la magnitud y la velocidad del cambio climático es muy elevada. Esto hace muy difícil cuantificar con precisión los costes y beneficios derivados de la adaptación al clima.

Un instrumento útil para estimar los costes y beneficios ante esta elevada incertidumbre es la utilización de escenarios climáticos. El IPCC define escenario climático como una representación plausible, y a menudo simplificada, del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos (Feliu Torres et al., 2016). Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual (Feliu Torres et al., 2016).

#### **“Dos de las principales variaciones climáticas a las que se enfrenta España son la variabilidad de la temperatura y la del régimen de las precipitaciones”**

En general, dos de las principales variaciones climáticas a las que se enfrenta España son la variabilidad de la temperatura y la del régimen de las precipitaciones. Se esperan cambios tanto graduales (aumento de la temperatura, variación del régimen de precipitaciones), como extremos. Los cambios graduales afectarán a la cobertura de nieve y hielo y a la disponibilidad de agua, pudiendo ocasionar, por ejemplo, problemas de abastecimiento. Los cambios extremos afectarán a los eventos de sequía y de inundaciones y darían lugar, entre otros, a posibles problemas en la gestión del agua, además de un

aumento de olas de calor. Además, debido a las variaciones en la temperatura y en la concentración de CO<sub>2</sub>, se espera un aumento del nivel del mar y un incremento de la temperatura del agua del mar y su acidificación (Feliu Torres et al., 2016).

### *Evolución de la intervención política para promover las medidas de adaptación al cambio climático*

Hasta la fecha, los instrumentos regulatorios para promover las medidas de mitigación y adaptación han sido escasamente utilizados en el ámbito de la construcción. No obstante, los indicios parecen indicar que la presión regulatoria crecerá en los próximos años. La tabla 1 recoge un resumen de los principales instrumentos de intervención política para promover las medidas de adaptación al cambio climático.

A nivel internacional cabe destacar el incremento de atención a las actuaciones de adaptación que se añaden a los primeros esfuerzos más centrados en estrategias de mitigación. En este sentido, la COP de París de 2015, supuso un hito importante ya que se confirmó la importancia de la adaptación al cambio climático en la política internacional, posicionándose al mismo nivel que la mitigación (Solaun et al., 2016a).

**TABLA 1: INSTRUMENTOS DE INTERVENCIÓN PÚBLICA EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO**

<b>CAMBIO CLIMÁTICO: GENERAL</b>	
Internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 1992 (en vigor, 1994)</li> <li>• Protocolo de Kioto 1997 (en vigor, 2005) Segundo periodo: 2013-2020.</li> <li>• COP de París de 2015</li> </ul>
Europa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libro Verde. Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE (2007)</li> <li>• Libro Blanco sobre la Adaptación al Cambio Climático en Europa (2009)</li> <li>• Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático (2013-2020)</li> <li>• Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020)</li> <li>• Hoja de ruta hacia una economía baja en carbono competitiva a 2050</li> </ul>
España	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Tercer Programa de Trabajo (PT 3) 2014-2020</li> <li>• Real Decreto-ley 17/2012, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.</li> <li>• Debate sobre la futura Ley de Cambio Climático y Transición Energética</li> <li>• Leyes Regionales</li> </ul>
<b>CAMBIO CLIMÁTICO: SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	
Europa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directiva 2012/27/UE de eficiencia energética</li> <li>• Directiva 2010/31/UE sobre el rendimiento energético de los edificios</li> <li>• Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios.</li> </ul>
España	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (2014-2020).</li> <li>• Plan estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas (2013-2016)</li> <li>• Ley 8/2013 de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.</li> <li>• Real Decreto 233/2013, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas (2013-2016)</li> <li>• Real Decreto 235/2013 Certificación energética de edificios</li> <li>• Real Decreto 238/2013, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios</li> <li>• Real Decreto-Ley 2/2003, de Medidas de Reforma Económica</li> <li>• Orden FOM/1635/2013, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación</li> <li>• Plan de activación de la eficiencia energética en los edificios de la Administración General del Estado (2009)</li> <li>• Ley 19/2009, de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler</li> </ul>

	<p>y de la eficiencia energética de los edificios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Real Decreto 1027/2007, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.</li> <li>• Orden PRE/2118/2007, medida de ahorro de energía en los edificios de la Administración General del Estado.</li> </ul>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

En la UE, el Libro Blanco de adaptación al cambio climático en Europa (2009) define la hoja de ruta para lograr un marco europeo de actuación en materia de reducción de la vulnerabilidad al cambio climático. En la actualidad, el marco europeo para la adaptación lo constituye la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020). Dos directivas Europeas relevantes en materia de adaptación específicamente en el sector de la construcción son la Directiva de Eficiencia Energética (Directiva 2012/27/UE) y la Directiva sobre el rendimiento energético de los edificios (Directiva 2010/31/UE). El artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, señala que: “Los estados miembros establecerán una estrategia a largo plazo para

**“Los estados miembros de la UE establecerán una estrategia a largo plazo para movilizar inversiones en la renovación del parque nacional de edificios residenciales y comerciales, tanto público como privado”.**

movilizar inversiones en la renovación del parque nacional de edificios residenciales y comerciales, tanto público como privado”.

El contexto de la adaptación al cambio climático en España lo otorga, desde su aprobación en 2006, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). El PNACC se concreta en programas de trabajo. A finales del año 2013 se aprobó el Tercer Programa de Trabajo con un horizonte de aplicación coincidente con la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020).

Aunque actualmente se encuentran ya vigentes algunos instrumentos regulatorios sobre aspectos relacionados con la adaptación (ej., certificación de la eficiencia energética de los edificios recogida en el Real Decreto 235/2013), una regulación más completa y sistemática sobre cambio climático aún no está definida. En la actualidad se encuentra en fase de debate la “*Ley de Cambio Climático y Transición Energética*” (prevista para 2018) y existe un creciente número de leyes regionales que han entrado recientemente en vigor (ej., Cataluña) o se encuentran en fase de debate (ej. Andalucía, País Vasco, etc.)



Respecto a cuáles serán las medidas adoptadas por los gobiernos para la consecución de los objetivos y compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático, caben dos posibles estrategias: la vía de comando y control y la vía de incentivos a través de impuestos y subvenciones.

### *Evolución en las certificaciones voluntarias*

Existe un elevado número de certificaciones para los edificios en temas medioambientales. La certificación implica la verificación independiente de que un edificio ha cumplido con las pautas aceptadas en materia de sostenibilidad de los edificios. La existencia de estas certificaciones puede ayudar a reducir la asimetría de información y añadir valor al edificio, aumentando la disposición de los compradores a pagar un precio superior. No obstante, los procesos administrativos y burocráticos relacionados con las certificaciones también implican un coste adicional que se debe evaluar. En cualquier caso, las empresas constructoras deben tener una comprensión clara de los diferentes programas de certificación que están actualmente disponibles. Algunos autores plantean que la certificación será un requisito necesario si los promotores y constructores quieren seguir siendo competitivos en un mercado cada vez más verde (Kubba, 2017).



Entre las opciones de certificación, se pueden destacar las dos certificaciones voluntarias internacionales más relevantes LEED y BREEAM, así como la certificación española VERDE. Lo que es común a la mayoría de los esquemas de evaluación es esencialmente el concepto de mirar el edificio completo, evaluando los impactos en varias categorías, ponderando las puntuaciones y dando una puntuación global. Sin embargo, la expresión del rendimiento en una sola puntuación no es una tarea sencilla y requiere establecer criterios para establecer ponderaciones acordes a la importancia comparativa de cada elemento evaluado. La energía, por ejemplo, es un criterio clave y por lo general se le da mayor ponderación que otros factores (Kubba, 2017).

### *Evolución de los precios de la energía*

En la estimación de los beneficios de las medidas de adaptación tiene una relevancia vital la evolución de los precios de la energía. De cara a una futura revisión cuantitativa de los precios de la energía habrá que prestar especial atención a la evolución de los precios de la biomasa ya

que, según los datos oficiales disponibles, supone actualmente en torno al 40% del consumo total de energía en calefacción doméstica (Ministerio de Fomento, 2017). La Agencia Internacional de la Energía (IEA) publica cada año un informe con las estimaciones de precios de la energía para los próximos horizontes temporales. El último informe de 2017 (World Energy Outlook 2017) recoge estimaciones hasta el año 2050 del precio de la energía bajo distintos escenarios de demanda para las distintas fuentes: petróleo, gas, etc.

### *Precios de la vivienda y valoración del consumidor*

Un importante problema a la hora de tomar medidas ante el cambio climático en edificios es que, en muchas ocasiones, la parte que toma las decisiones de inversión no se beneficia directamente de sus rendimientos. En los nuevos edificios, por ejemplo, el constructor puede estar interesado en obtener un beneficio más alto a través de unos costes más bajos sin prestar atención a los efectos sobre la corriente de gastos de energía futuros y las emisiones contaminantes asociadas durante la fase operacional de los edificios (Gago et al., 2012).

Este problema se acrecienta debido a la dificultad de repercutir los costes de adaptación a los precios de las viviendas. En general, cuando los individuos se disponen a comprar o alquilar un edificio comercial o residencial dan más importancia a factores tales como ubicación, amplitud o distribución que a la eficiencia energética. En muchas ocasiones, este desinterés, se debe a la falta de información respecto al consumo de energía de los edificios (Gago et al., 2012). En este sentido, los certificados de eficiencia energética y los certificados verdes como LEED pueden ayudar a reducir la asimetría de información entre los constructores y los futuros usuarios de los edificios. La

mayoría de los promotores y constructores están generalmente de acuerdo en que uno de los beneficios más tangibles de obtener una certificación verde para un edificio es la habilidad de utilizarla como herramienta de marketing ya que los edificios certificados suelen tener un mayor margen de comercialización (Kubba, 2017).

**“Los certificados de eficiencia energética y los certificados verdes como LEED pueden ayudar a reducir la asimetría de información entre los constructores y los futuros usuarios de los edificios”.**

En los casos de edificios ya construidos, el elevado coste inicial al que deben hacer frente los agentes para poder implantar medidas de adaptación también es una barrera importante a tener en cuenta. Los períodos de amortización largos y altas tasas de descuento son un

importante obstáculo para la adopción de medidas de mitigación y adaptación en los edificios (Gago et al., 2012).

Pese a que la incertidumbre derivada de los factores externos analizados anteriormente hace complicada la toma de decisiones, es crucial que las empresas de construcción participen en la reducción de la vulnerabilidad de la sociedad ante el cambio climático a través de la adopción de medidas que incorporen tecnologías y prácticas avanzadas en materia de adaptación de los edificios.

### 3. MEDIDAS PARA ADAPTAR EDIFICIOS RESIDENCIALES AL CAMBIO CLIMÁTICO

En este trabajo nos centramos en aquellas medidas que permiten una mayor adaptación al clima en respuesta a los principales cambios climáticos que se esperen en la región donde se localice el edificio a analizar. En concreto, entre los impactos que potencialmente tienen una mayor repercusión en el sector de la construcción en España podemos señalar: las inundaciones por torrencialidad, daños debidos a eventos climatológicos extremos, frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor y frío y su incidencia en la pobreza energética, cambios en la disponibilidad del agua e incremento de la sequía. Un edificio adaptado al clima, implicaría una menor vulnerabilidad de sus habitantes ante, por ejemplo, posibles olas de frío o calor o eventos extremos.

**“Un edificio adaptado al clima, implicaría una menor vulnerabilidad de sus habitantes ante, por ejemplo, posibles olas de frío o calor o eventos extremos”.**

A continuación se presenta un conjunto de medidas que, sin ánimo de ser exhaustivo, pretende ilustrar importantes aspectos que deberían considerar las empresas de construcción en relación a la adaptación a estos impactos. Asimismo, la tabla 2 recoge la relación entre los posibles efectos del cambio climático en el sector de la construcción y las posibles medidas identificadas para paliarlos.

- A) *Medidas de localización de los edificios, diseño estructural y materiales de construcción*
- Elección de ubicaciones no propensas a sufrir desastres naturales
  - Orientación solar



- Medidas estructurales de fortalecimiento y flexibilidad
- Selección de los materiales de construcción

*B) Calefacción, ventilación y aire acondicionado y agua caliente sanitaria (ACS)*

- Biomasa en calefacción y ACS
- Geotermia en climatización en reformas importantes.
- Placas solares térmicas para ACS
- Reparto de costes de calefacción con válvulas termostáticas
- Cambio de calderas individuales convencionales a condensación
- Eficiencia en la refrigeración

*C) Envoltente de edificios*

- El aislamiento térmico del edificio
- Ventanas

*D) Medidas de eficiencia en la gestión del agua*

- Instalación de contadores para la medición del consumo del agua
- Utilización de aparatos de alta eficiencia
- Medidas de diseño para el reciclaje de agua
- Medidas relacionadas con el consumo de agua exterior

*E) Iluminación y electrodomésticos*

- Electrodomésticos de bajo consumo. Etiqueta energética
- Eficiencia en la iluminación: Luz natural y artificial

*F) Medidas de control y tecnologías de automatización*

**TABLA 2. POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN Y MEDIDAS PARA PALIARLOS**

Impacto	Medidas
Aumento de la temperatura	A Orientación solar y elección de materiales B Eficiencia en la refrigeración C Envolverte del edificio F Control y tecnologías de la automatización
Aumento del nivel del mar	A Localización
Lluvias torrenciales, inundaciones	A Localización y elección de materiales C Envolverte del edificio
Sequía	D Eficiencia en el uso del agua F Control y tecnologías de la automatización
Eventos extremos. Frio	A Orientación solar y elección de materiales B Eficiencia en la calefacción C Envolverte del edificio F Control y tecnologías de la automatización
Incendios	A Localización y elección de materiales F Control y tecnologías de la automatización

Fuente: Elaboración propia

## 4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS COSTE BENEFICIO (ACB) PARA LA VALORACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Existe una amplia variedad de métodos para el cálculo de los costes y beneficios de las medidas de adaptación. Cada método tiene puntos fuertes y débiles que pueden hacerlos más adecuados para diferentes tipos de estudio. En este trabajo nos centraremos en la metodología de ABC ya que, incluso cuando presenta algunas limitaciones, proporciona información importante y útil siendo especialmente apropiado para orientar de forma efectiva la toma de decisiones en el sector privado (Solaun et al., 2016a).

**“El Análisis Coste Beneficio proporciona información importante y útil para orientar de forma efectiva la toma de decisiones en el sector privado”.**

El ABC consiste en estimar en términos monetarios los costes y beneficios de una opción de adaptación en relación a los efectos proyectados del cambio climático en un escenario de referencia. Los costes y beneficios son descontados en el tiempo para obtener el valor actual neto (VAN), de manera que una opción de adaptación sería buena si los beneficios agregados superan a los costes agregados. Este análisis permite, además, ordenar las diferentes medidas de adaptación en función de su mayor o menor VAN. Hemos de tener en cuenta que este método prioriza la eficiencia de las medidas, dejando fuera criterios como la urgencia o importancia (Solaun et al., 2016a).

Para la aplicación del análisis ACB es preciso:

1. Delimitar un conjunto de medidas de adaptación definiendo tanto en alcance como en horizonte temporal.
2. Definir la línea de base o la situación en ausencia de adaptación al cambio climático. Para ello, deberá proyectarse (al horizonte temporal fijado) la situación actual, en ausencia de la medida de adaptación definida.
3. Recopilar información económica, tanto de la línea de base como de la línea de proyecto. Recolectar esta información es una cuestión de vital trascendencia. Entre las principales cuestiones que es necesario considerar encontramos la *elección del horizonte temporal (n)*, la *determinación de los costes (C) y beneficios (B)* y la *elección tasa de descuento (i)*.

4. Calcular el VAN de los costes y beneficios monetarios de la adaptación. El resultado nos permitirá determinar si los beneficios esperados exceden los costes así como la priorización de las medidas.

Uno de los aspectos que dificultan en mayor medida el análisis es la propia incertidumbre que gira en torno al cambio climático y sus impactos. Sin embargo, ello no debe suponer una barrera para continuar avanzando en la toma de decisiones al respecto. En este sentido, es necesario un cambio de mentalidad, asumiendo la incertidumbre ligada al cambio climático y sus impactos, así como a las hipótesis asociadas a su análisis (Oficina Española de Cambio Climático, 2012). Para solventar este inconveniente se hace necesario incorporar distintas proyecciones climáticas (ej., proyecciones de temperatura y precipitación) para cada escenario socioeconómico. Ello incrementa los análisis necesarios y lleva a resultados más complejos, pero ofrece un enfoque más robusto (Oficina Española de Cambio Climático, 2012).

Junto a la incertidumbre asociada a los impactos del cambio climático, se añade la dificultad de determinar las condiciones económicas para horizontes temporales a medio y largo plazo. Una técnica útil es la de la utilización de escenarios. Por ejemplo, en el informe de Green Building

**“Una técnica útil para gestionar la incertidumbre asociada e los impactos del cambio climático es la utilización de escenarios”.**

---

Council España (2012) titulado “Escenarios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el sector residencial en España”, elaborado para Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Agricultura Alimentación y Medioambiente, se señalan diferentes escenarios en función de la evolución de: el precio de la energía, tres porcentajes distintos de ayudas públicas para la realización de las obras de rehabilitación, y de cuatro valores distintos para los tipos de interés de retorno de las inversiones en eficiencia energética.

Finalmente, es importante tener presente que el ACB es una metodología muy sensible a pequeños cambios en las hipótesis o en los períodos de cálculo. Cuestiones como la tasa de descuento a aplicar o el horizonte temporal de las medidas, pueden cambiar de forma sustancial los resultados. La realización de ciertos análisis básicos de sensibilidad es una buena práctica para aliviar este inconveniente (Oficina Española de Cambio Climático, 2012).



## 5. CONCLUSIONES

La necesidad de emprender acciones de adaptación es urgente ya que, a pesar de la creciente preocupación y sensibilización ciudadana sobre la necesidad de reducir el impacto humano en los factores que provocan el cambio climático y del aumento en la implementación de acciones gubernamentales, las emisiones totales de GEI no han dejado de aumentar.

Los edificios interactúan constantemente con su entorno. Su forma, volumen, orientación, localización geográfica, distribución de espacios, materiales utilizados, color de la fachada, tamaño de las aberturas, tipo de aislamiento aplicado, etc., son características que influyen sobre su comportamiento térmico y las condiciones de confort en su interior. Estas características determinarán la demanda de energía del edificio, y con ello sus emisiones de GEI, pero también su vulnerabilidad ante las condiciones climáticas. La aplicación de nuevas tecnologías (muchas de ellas ya probadas y comercialmente disponibles) ayudará a reducir la vulnerabilidad de los edificios. Conocer los costes y beneficios de las diferentes medidas de adaptación puede ayudar a una mejor toma de decisiones y un reparto efectivo de los recursos.

## 6. REFERENCIAS

- Bosello, F., Carraro, C., De Cian, E., 2013. Adapting to climate change. Costs, benefits, and modelling approaches. Centro EuroMediterraneo sui Cambiamenti Climatici. Disponible en: <http://www.cmcc.it/wp-content/uploads/2013/05/rp0158-cip-12-2011.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea. De 25 de octubre de 2012. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea. De 19 de mayo de 2010. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Feliu Torres, E., García Blanco, G., Gutiérrez García, L., Abajo Alda, B., Mendizábal Zubeldia, M., Tapia García, C. 2016. Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia\\_local\\_para\\_adaptacion\\_cambio\\_climatico\\_en\\_municipios\\_espanoles\\_tcm7-419201.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia_local_para_adaptacion_cambio_climatico_en_municipios_espanoles_tcm7-419201.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Gago, A., Hanemann, M., Labandeira, X., Ramos, R., 2012. Climate Change, Buildings and Energy Prices. Disponible en: <https://eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WPFA04-2012.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Green Building Council España, 2012. Escenarios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el sector residencial en España.
- Hof, A., Boot, P., van Vuuren, D., van Minnen, J., 2014. Costs and benefits of climate change adaptation and mitigation: An assessment on different regional scales. Disponible en: [http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL\\_2014\\_Costs\\_and\\_benefits\\_of\\_climate\\_change\\_adaption\\_and\\_mitigation\\_1198.pdf](http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2014_Costs_and_benefits_of_climate_change_adaption_and_mitigation_1198.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Kubba, S. 2017. Handbook of Green Building Design and Construction: LEED, BREEAM, and Green Globes. Butterworth-Heinemann: Oxford, United Kingdom; Cambridge, MA, United States. 2nd Ed.
- IPCC, 2013. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Resumen para responsables de políticas. Disponible en: [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf) (acceso el 15 de octubre de 2017)

- Ministerio de Fomento, 2017. Actualización 2017 de la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/24003A4D-449E-4B93-8CA5-7217CFC61802/143398/20170524REVISIONESTRATEGIA.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Oficina Española del Cambio Climático (OECC), 2017. ¿Qué es el cambio climático y cómo nos afecta? Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/> (acceso 15 de octubre de 2017)
- Solaun, K., Gómez, I., Urban, J. Gómez, J.C., 2016a. Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para el análisis y priorización de medidas de adaptación al cambio climático. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/adaptacionempresarialcambioclimatico\\_tcm7-443204.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/adaptacionempresarialcambioclimatico_tcm7-443204.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Solaun, K., Gómez, I., Urban, J. Gómez, J.C., 2016b. Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para el análisis y priorización de medidas de adaptación al cambio climático. Caso piloto: Ferrovial. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.





