



Documento resumen de la aplicación de la técnica Delphi

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; Gómez-Bolaños, Efrén; Hurtado-Torres, Nuria Esther; Ortiz-Martínez de Mandojana, Natalia

Gestores del Proyecto: Córcoles-Gil, Carolina

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 贝莉儿 NG (2016). Aparcamiento en el jardín (fotografía). Recuperado de Unsplash; Portada de Nguyen Pham (2016). Hoja de palma (fotografía modificada).

Publicación: abril de 2018

Puede descargarse la versión online de este trabajo en:

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
METODOLOGÍA	6
La técnica Delphi.....	6
Aplicación de la Técnica Delphi al Proyecto Adaptación del Sector de la Construcción al Cambio Climático.....	9
Panel de expertos participantes en el proyecto.....	12
RESULTADOS	13
Análisis de las medidas con mayor grado de aceptación por parte de los expertos	16
CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS	24



INTRODUCCIÓN

En este documento se recoge una descripción del proceso seguido durante la recopilación de información y su tratamiento para obtener conclusiones mediante una técnica Delphi en el marco del proyecto de “Desarrollo de metodologías para el análisis coste beneficio de la adaptación al cambio climático en el sector de la construcción en España”.

En primer lugar, se presenta brevemente la metodología Delphi y algunas de sus características y ventajas principales que han propiciado su elección para este proyecto. Esta técnica está basada en obtener información de un panel de expertos en la temática estudiada de una manera interactiva, mediante varias rondas de cuestionarios entre las que se informa a los participantes de las respuestas de los demás y se les permite responder de nuevo.

En segundo lugar, se precisa cómo se ha adaptado esta metodología al caso particular de esta investigación, especificando las fases del proceso y las medidas de adaptación al cambio climático propuestas a los expertos. En esta etapa, se contó con la colaboración de la Asociación de Constructores y Promotores de Málaga, la Asociación de Promotores Constructores de España y la Confederación Nacional de la Construcción, que asistieron en la identificación del panel de expertos y de la lista de medidas de adaptación a proponer. Una vez recopilada una relación de diferentes opciones de adaptación al cambio climático en la edificación residencial, se elaboró un cuestionario para consultar a los expertos sobre qué medidas consideran más idóneas y su valoración del coste de estas.

Por último, en este informe se presentan y analizan los resultados obtenidos y las principales conclusiones derivadas del estudio. Estos resultados serán utilizados para las siguientes fases de este proyecto, en especial para el desarrollo de herramientas de gestión que faciliten el cálculo automatizado de análisis de costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector de la construcción.

METODOLOGÍA

La técnica Delphi

El método Delphi es una técnica destinada a sondear a personas expertas que permite realizar pronósticos de futuro sobre un problema complejo, facilitando alcanzar el consenso entre los expertos consultados. Esta técnica permite el anonimato de los consultados y se realiza en rondas sucesivas, en las que se les facilita las principales conclusiones de la ronda anterior.

El método Delphi cuenta con una larga historia de aplicaciones en investigación en diversos campos, desde la medicina hasta el marketing, pasando por análisis de diferentes industrias y planes estratégicos de ciudades. Una de las primeras aplicaciones de este método data de 1963, cuando Dalkey y Helmer (1963) desarrollaron un estudio sobre estrategia militar para la Rand Corporation, encargado por las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos. Desde entonces, el número de trabajos que utilizan este método ha aumentado considerablemente, así como los enfoques con los que se ha aplicado la técnica Delphi, por lo que su definición difiere ligeramente según los autores.

Según Linstone & Turoff (1975), la técnica Delphi “puede caracterizarse como un método para estructurar un proceso de comunicación a un grupo de manera que sea efectivo en cuanto a permitir a un grupo de individuos tratar con problema complejo” (pág. 3). Astigarraga (2003), propone una conceptualización más operativa de la técnica Delphi, definiéndola como “un método en el que se selecciona a un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes” (pág. 2).

En cuanto al propósito de la técnica Delphi, Varela-Ruiz, Díaz-Bravo, y García-Durán (2012) destacan que busca “obtener el grado de consenso o acuerdo de los especialistas sobre el problema planteado, utilizando los resultados de investigaciones anteriores, en lugar de dejar la decisión a un solo profesional” (pág. 92). Además,

puesto que se desarrolla de forma anónima y los expertos responden de manera independiente, este método permite evitar el efecto que podría tener el liderazgo de alguno de los expertos sobre los demás.

La aplicación de esta técnica resulta especialmente productiva cuando el estudio o trabajo se realiza en condiciones de incertidumbre, o cuando no se dispone de información objetiva. En este caso, la experiencia y conocimientos de un grupo de expertos pueden ayudar a obtener una respuesta con buen criterio, razonada y que unifica la información de la que estos disponen, evitando el posible sesgo existente en la opinión de un solo individuo.

En este sentido, Reguant-Álvarez y Torrado-Fonseca (2016) argumentan que la retroalimentación que reciben los expertos acerca de sus respuestas y las de los demás participantes permite que estos reflexionen y obtengan una mayor comprensión del caso estudiado, a partir de las diferentes perspectivas presentadas. De esta forma, se consigue una mayor eficiencia a la hora de llegar a acuerdos.

Para su aplicación en este proyecto, se ha tomado como punto de partida el flujo de trabajo propuesto por Pozo-Llorente, Gutiérrez-Pérez y Rodríguez-Sabiote (2007), ilustrado en el Gráfico 1.

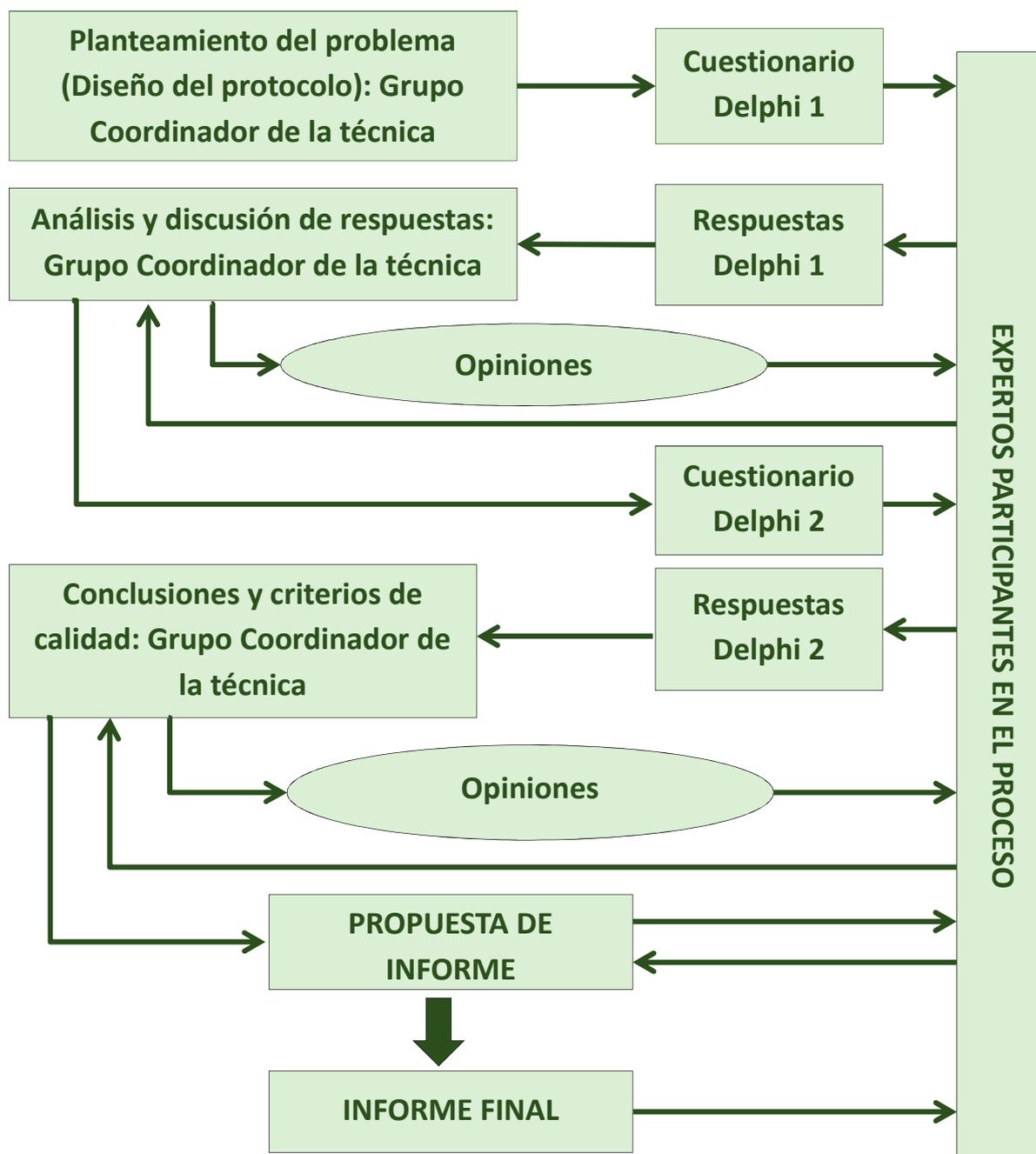


Gráfico 1: Pozo Llorente, Gutiérrez Pérez, y Rodríguez Sabiote (2007)

Aplicación de la Técnica Delphi al Proyecto Adaptación del Sector de la Construcción al Cambio Climático

El objetivo principal de esta fase del proyecto fue identificar y valorar las medidas de adaptación al cambio climático en edificación más recomendables, según el criterio de un panel de expertos participantes, para alcanzar una “calificación energética A”, a partir de calificaciones energéticas B, C y D. Los resultados obtenidos permitirán el desarrollo de herramientas webs de apoyo a la toma de decisiones para ser utilizadas por los colectivos vinculados al sector de la edificación.

Para ello, en primer lugar, con la colaboración de la Asociación de Constructores y Promotores de Málaga, la Asociación de Promotores Constructores de España y la Confederación Nacional de la Construcción, se identificó un panel de expertos en construcción sostenible. Inicialmente se contactó por correo electrónico y/o telefónicamente con estos expertos para valorar su grado de interés en participar en el proyecto y se definió el panel de participantes.

En segundo lugar, se establecieron los supuestos de partida para la consulta a los expertos y se diseñó cuidadosamente el cuestionario a remitir (ver tabla 1 y 2 donde se recogen las medidas incluidas en el cuestionario). Con el objetivo de dar flexibilidad a los expertos y de aprovechar al máximo su experiencia, se ofreció a los expertos la posibilidad de elegir la calificación energética del edificio de partida sobre el que se aplicarían las medidas de adaptación propuestas para alcanzar la calificación energética A.

Una vez recibidas las respuestas al cuestionario, se construyó una base de datos con la información recibida y se llevó a cabo un análisis para extraer las principales conclusiones de la primera ronda de consultas. A partir de este análisis, se diseñó un segundo cuestionario personalizado para cada experto, donde se recogía, su respuesta en la primera ronda y se ofrecía información sobre las opiniones agregadas de todo el panel. En esta segunda etapa el experto tenía la opción de modificar o no sus respuestas de la primera ronda. El análisis de los resultados de la segunda ronda permitió obtener conclusiones relevantes sobre el tema objeto de estudio que serán de utilidad para el desarrollo de las aplicaciones webs.

Las medidas incluidas en el cuestionario para conseguir la adaptación al cambio climático en edificación se recogen en las tablas 1 y 2.

TABLA 1: MEDIDAS PASIVAS	
MEDIDAS DE DISEÑO	
1.	Orientación de la edificación o de las estancias
2.	Forma del Edificio/Compacidad
3.	Distribución y tamaño de los huecos
4.	Estudio y eliminación de puentes térmicos
5.	Estudio de Sombreado/Soleamiento y diseño de elementos de control como velos, toldos, persianas, pérgolas...
6.	Estudio de Ventilación Natural y diseño de elementos para ventilación cruzada, con tiro térmico, inducida...
MEDIDAS DE MEJORA DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE	
Sobre suelo	
7.	Adición de aislamiento térmico en suelos
8.	Suelos técnicos
Sobre cubierta	
9.	Adición de aislamiento térmico en cubierta
10.	Cubierta vegetal
11.	Cubierta inundable
12.	Cubierta ventilada
Sobre fachada	
13.	Adición de aislamiento por el exterior
14.	Adición de aislamiento por el interior o relleno de cámara de aire
15.	Fachada vegetal
16.	Fachada ventilada
17.	Adición de aislamiento en ventanas (marcos y cristales)

TABLA 2: MEDIDAS ACTIVAS	
MEDIDAS DE MEJORA DE INSTALACIONES EXISTENTES	
18.	Sustitución de calderas por otras de mayor eficiencia, manteniendo el combustible y tipo de caldera
19.	Sustitución de sistemas de iluminación
20.	Instalación o mejora de equipos de recuperación de calor
UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	
21.	Incorporación o ampliación de uso de energía solar-térmica
22.	Incorporación o ampliación de uso de energía solar-fotovoltaica
23.	Incorporación o ampliación de uso de energía geotérmica
24.	Incorporación o ampliación de uso de energía aero-térmica
25.	Incorporación o ampliación de uso de biomasa
26.	Incorporación o ampliación de uso de cogeneración o micro-cogeneración
27.	Incorporación o ampliación de uso de energía por gestión de residuos
MEDIDAS DOMÓTICAS O DE AUTOMATIZACIÓN	
28.	Incorporación de sistemas de monitorización y regulación de control, en los sistemas de calefacción y/o refrigeración
29.	Incorporación de contadores individuales en sistemas centralizados
30.	Regulación automatizada de sistemas de soleamiento.
31.	Incorporación de sistemas de control y regulación en la instalación de iluminación: interruptores automáticos, sensores de presencia, limitadores de intensidad, interruptores divididos por zonas en una misma estancia.

Panel de expertos participantes en el proyecto

A continuación se recoge el listado de expertos participantes en el estudio, cuya colaboración ha sido indispensable para el correcto desarrollo del proyecto.

Nombre	Apellidos	Organización
Sergio	Álvarez Rodríguez	Avintia Construcción
Roberto	Amores Gallegos	Aislasinobra/Econocasasteel S.L.U.
Violeta	Aragón Correa	Asociación Provincial de Constructores y Promotores de Málaga
Oscar	Bailly-Baillièrre Gutiérrez	Activitas
Emilia	Coronado Caballero	emin S.L.
Daniel	Cuervo Iglesias	Asociación de Promotores y Constructores de España (APCE)
María Teresa	de Diego Fernández	Ferrovial Agroman
Pablo	Farfán Manzanares	Farfán Estudio
Elena	Fortes Arquero	ECCØ, soluciones en eficiencia energética y passivhaus, S.L.
Francisco J.	García Herrera	Ielco
Francisco Javier	Lara Moreno	Guamar S.A.
Cristina	Le Peuch Rodríguez	Bass Houses
Leonardo	Llamas Álvarez	Edificio Passivhaus
Argimiro	Martín Rioseco	INBISA Construcción
José Antonio	Ortiz Sánchez	Bass Houses
David	Rocha Romero	Neinor Homes
Alberto	Rodríguez Bravo	Siber Zone S.L.U.
José	Rosa Moral	Dragados S.A.
Jordi	Royo Florenza	Guamar S.A.
María	Sexto González	Construcciones Sánchez Domínguez-SANDO S.A.
Antonio José	Vargas Yáñez	E.T.S. de Arquitectura de Málaga-Universidad de Málaga
Sara	Velázquez Arizmendi	Varquitectos



RESULTADOS

En este apartado se presentan los principales resultados obtenidos mediante la aplicación de la técnica Delphi de una manera visual. Los gráficos 2 y 3 muestran el porcentaje de expertos en segunda ronda que consideran oportuno adoptar una medida de adaptación específica para alcanzar la calificación energética A.

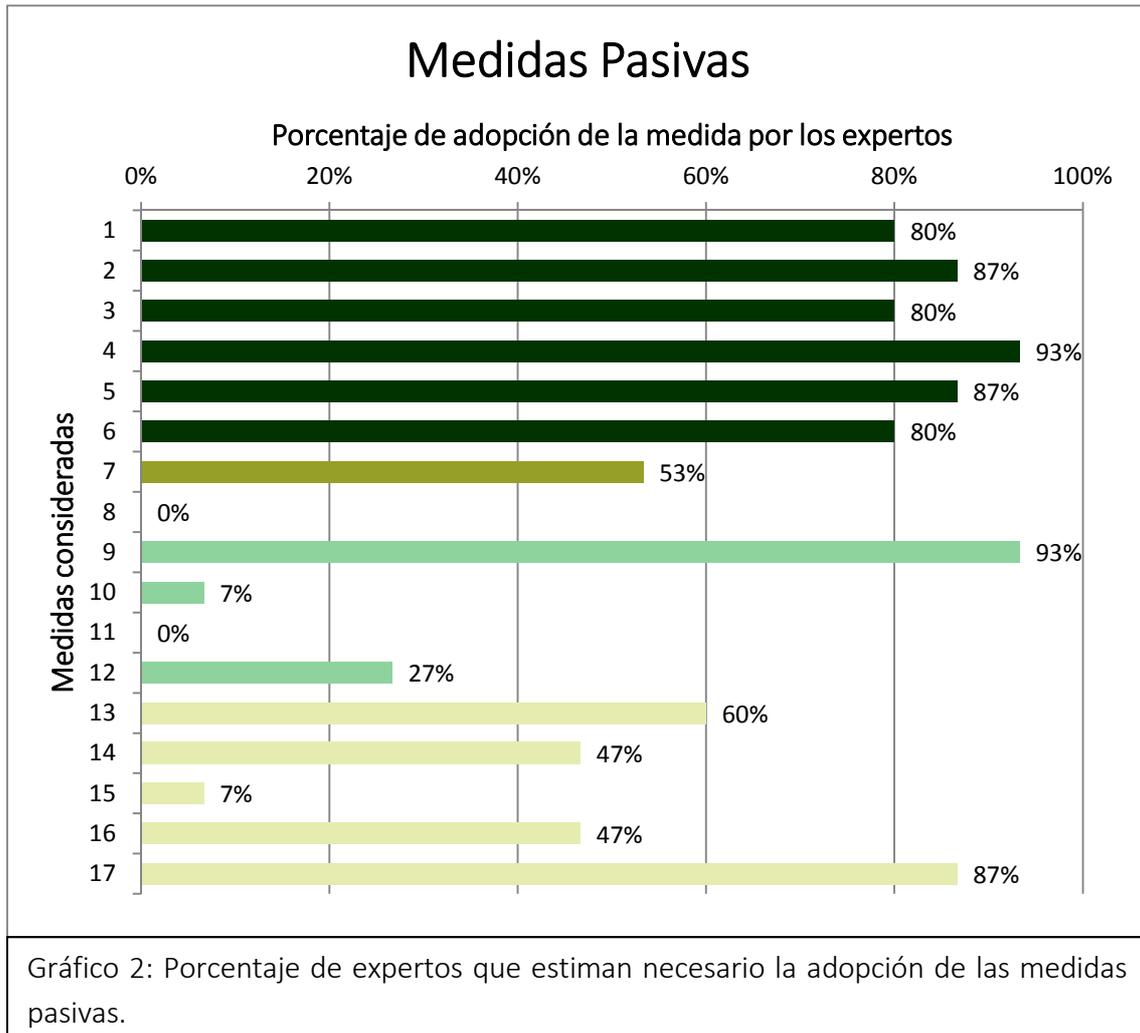
En primer lugar, cabe señalar que las medidas pasivas han sido, en general, más propuestas que las activas por parte de los expertos. Diez, de las diecisiete medidas pasivas propuestas, han sido elegidas por más del 50% del total de participantes en el panel, mientras que esto sólo ocurre con cuatro de las catorce medidas activas propuestas.

En cuanto a las medidas pasivas de diseño, todas ellas han sido elegidas por al menos un 80% de los expertos, destacando especialmente la medida “estudio y eliminación de puentes térmicos”, que ha sido propuesta en un 93% de los casos.

La medida de aislamiento de la envolvente sobre suelo más elegida ha sido la de “adición de aislamiento térmico de suelos” con un 53% de los expertos, mientras que los “suelos técnicos” no han sido incluidos por ningún integrante del grupo.

Para el aislamiento de cubierta, la medida “adición de aislamiento térmico” ha sido seleccionada por el 93% de los expertos. La “cubierta ventilada” ha sido la elección del 27% de los participantes y las medidas menos populares han sido la “cubierta vegetal”, propuesta tan sólo por un 7% de expertos y la “cubierta inundable” que no fue elegida por ninguno de los expertos participantes en el panel.

Por último en lo que a medidas pasivas se refiere, la “adición de aislamiento en ventanas” ha sido la medida más elegida por los expertos para el aislamiento en fachada con un 87%, seguida de la “adición de aislamiento por el exterior” (60%) y “aislamiento por el interior o cámara de aire” (47%). Por su parte, la “fachada ventilada” ha sido seleccionada también en el 47% de las respuestas recibidas, mientras que la fachada vegetal ha sido la elección de tan sólo un 7% de expertos.



Medidas de diseño	
Aislamiento de la envolvente - Suelo	
Aislamiento de la envolvente - Cubierta	
Aislamiento de la envolvente - Fachada	

En cuanto a las medidas activas propuestas, es destacable que todos los expertos participantes en el estudio han propuesto la “instalación o mejora de equipos de recuperación de calor”. Esta medida ha sido la más exitosa dentro de las propuestas en el grupo de mejora de instalaciones existentes, en el que las otras dos medidas, “sustitución de los sistemas de iluminación” y “sustitución de calderas por otras más eficientes” han sido seleccionadas en un 33% y 40% de los cuestionarios respectivamente.

En referencia a las medidas relativas al uso de energías renovables, tres de ellas no han sido propuestas por ningún experto. Estas medidas son “la incorporación o ampliación del uso de energía geotérmica”, “la cogeneración o micro-cogeneración” y “la energía por gestión de residuos”.

Por otro lado, “la incorporación de energía aero-térmica” ha sido propuesta por aproximadamente dos tercios de los expertos, siendo la opción de “energía renovable” propuesta por más expertos.

Por último, “la energía solar-fotovoltaica” ha sido la elección de un tercio de los participantes, mientras que la “energía solar térmica” y el “uso de biomasa” han sido seleccionadas por un 47% de los expertos.

Dentro del tercer grupo de medidas activas propuestas, “medidas de domótica o de automatización”, la medida de “incorporación de sistemas de monitorización y regulación de control en los sistemas de calefacción y refrigeración” y la medida de “contadores individuales en sistemas centralizados” han sido seleccionadas por más de la mitad de los expertos. Aproximadamente un cuarto de los expertos han elegido la medida de “regulación automatizada de sistemas de soleamiento” y un 47% se han decantado por incluir “sistemas de control y regulación en la instalación de iluminación”.

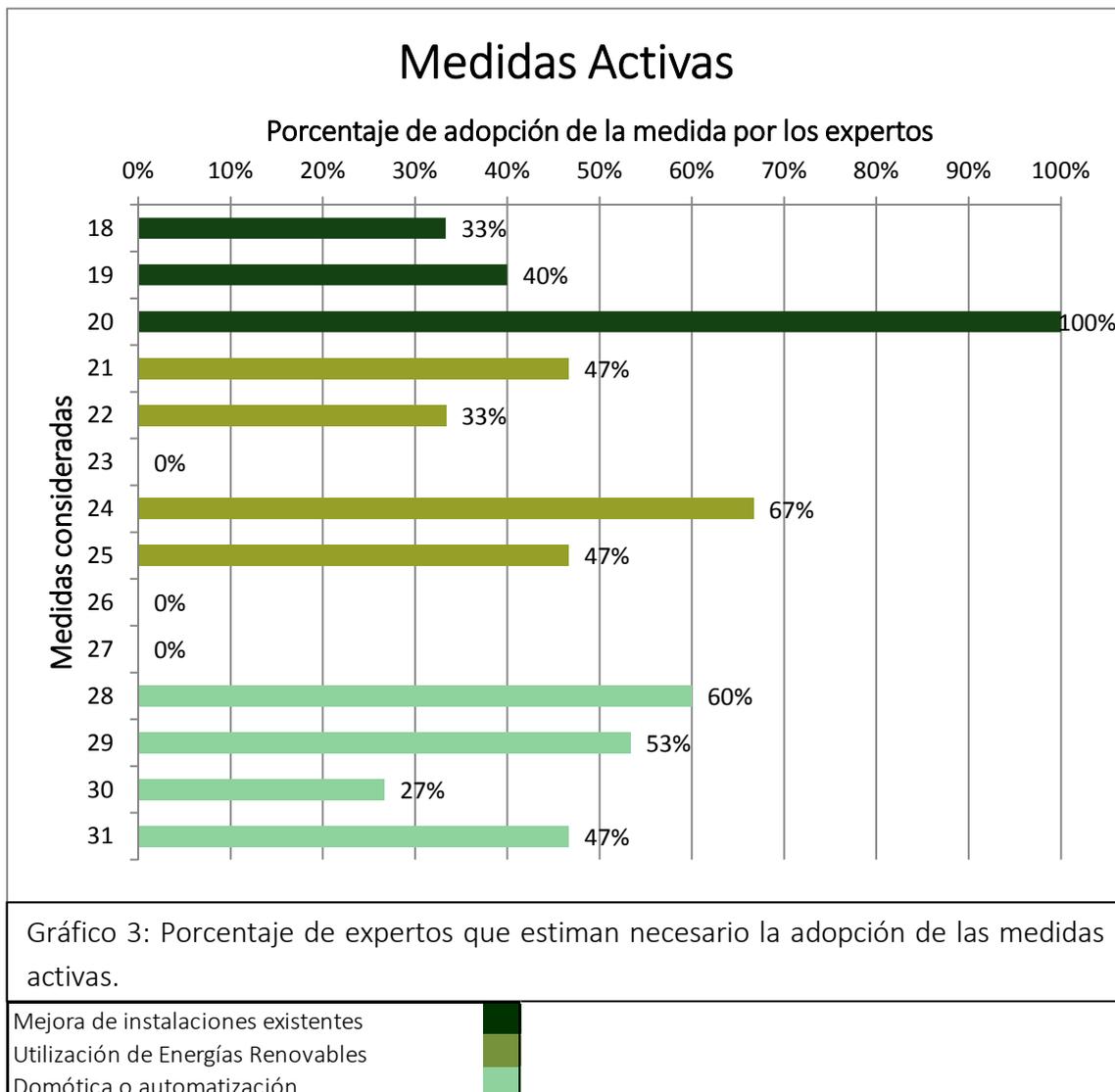


Gráfico 3: Porcentaje de expertos que estiman necesario la adopción de las medidas activas.

Análisis de las medidas con mayor grado de aceptación por parte de los expertos

En esta sección se presenta una relación de las medidas de adaptación al cambio climático propuestas a los expertos, que han sido elegidas por más del 50% de ellos, haciendo distinción de la calificación energética de la edificación de partida.

En la tabla 3, podemos observar que todas las medidas pasivas de diseño propuestas, han sido elegidas por más del 50% de los expertos para las tres calificaciones energéticas del edificio de partida consideradas (B, C, D). Esto pone de manifiesto la importancia que tiene para los expertos la fase de estudio y proyecto para la obtención de la calificación energética A.

Tabla 3: Medidas Pasivas de Diseño

MEDIDAS PASIVAS DE DISEÑO	CATEGORIA DE PARTIDA		
	B	C	D
1. Orientación de la edificación o de las estancias			
2. Forma del Edificio/Compacidad			
3. Distribución y tamaño de los huecos			
4. Estudio y eliminación de puentes térmicos			
5. Estudio de Sombreado/Soleamiento y diseño de elementos de control como velos, toldos, persianas, pérgolas...			
6. Estudio de Ventilación Natural y diseño de elementos para ventilación cruzada, con tiro térmico, inducida...			

En cuanto a las medidas pasivas de “Mejora del aislamiento de la envolvente sobre suelo”, únicamente la medida “Adición de aislamiento térmico en suelos” ha sido elegida por más de la mitad de los expertos para las categorías de partida B y C (ver tabla 4).

Tabla 4: Medidas Pasivas de Mejora del Aislamiento de la Envolvente sobre Suelo

MEDIDAS PASIVAS DE MEJORA DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE SOBRE SUELO	CATEGORIA DE PARTIDA		
	B	C	D
7. Adición de aislamiento térmico en suelos			
8. Suelos técnicos			

En la tabla 5 se destaca cómo la medida “adición de aislamiento térmico en cubierta” ha sido elegida por más del 50% de los expertos, para las tres calificaciones energéticas de partida analizadas. Por otro lado, la elección de la medida “cubierta ventilada” ha sido popular entre los expertos con calificación de partida D.

Tabla 5: Medidas Pasivas de Mejora del Aislamiento de la Envolverte sobre Cubierta

MEDIDAS PASIVAS DE MEJORA DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE SOBRE CUBIERTA	CATEGORIA DE PARTIDA		
	B	C	D
9. Adición de aislamiento térmico en cubierta			
10. Cubierta vegetal			
11. Cubierta inundable			
12. Cubierta ventilada			

En cuanto a las medidas de mejora del aislamiento de la envolvente sobre fachada (tabla 6), la medida “adición de aislamiento en ventanas” ha sido elegida por más del 50% de los expertos cuando se parte de cualquiera de para las tres calificaciones energéticas analizadas (B, C, D). La medida de adición de aislamiento por el exterior (13) ha sido elegida por más de la mitad de los expertos, cuando las categorías de partidas son la B y C. Además, y por el interior (14), en el primer caso y; C y D en el segundo. Por último, más del 50% de los expertos consideran que cuando se parte de la categoría C, es importante la medida “fachada ventilada”.

Tabla 6: Medidas Pasivas de Mejora del Aislamiento de la Envolverte sobre Fachada

MEDIDAS PASIVAS DE MEJORA DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE SOBRE FACHADA	CATEGORIA DE PARTIDA		
	B	C	D
13. Adición de aislamiento por el exterior			
14. Adición de aislamiento por el interior o relleno de cámara de aire			
15. Fachada vegetal			
16. Fachada ventilada			
17. Adición de aislamiento en ventanas (marcos y cristales)			

La “instalación o mejora de equipos de recuperación de calor” ha sido la medida más seleccionada entre las medidas de mejora de instalaciones existentes, ya que ha sido señalada por más del 50% de los expertos en todas las calificaciones de partida (tabla

7). La sustitución de los sistemas de iluminación fue señalada por más de la mitad de los expertos cuando el punto de partida es un edificio con calificación energética C.

Tabla 7: Medidas Activas de Mejora de Instalaciones

MEDIDAS ACTIVAS DE MEJORA DE INSTALACIONES EXISTENTES	CATEGORIA DE PARTIDA		
	B	C	D
18. Sustitución de calderas por otras de mayor eficiencia, manteniendo el combustible y tipo de caldera			
19. Sustitución de sistemas de iluminación			
20. Instalación o mejora de equipos de recuperación de calor			

El uso de energía aero-térmica ha sido la seleccionada por más de la mitad de los expertos para llegar a la calificación energética A, independientemente de que la calificación de partida sea B, C o D (tabla 8). Por su parte, la energía solar-térmica ha sido seleccionada por más del 50 % de los expertos cuando se parte de calificaciones energéticas C o D, mientras que el uso de biomasa fue seleccionado por más del 50% de los expertos cuando la calificación energética inicial D (tabla 8).

Tabla 8: Medidas Activas de Utilización de Energías Renovables

MEDIDAS ACTIVAS DE UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	CATEGORIA DE PARTIDA		
	B	C	D
21. Incorporación o ampliación de uso de energía solar-térmica			
22. Incorporación o ampliación de uso de energía solar-fotovoltaica			
23. Incorporación o ampliación de uso de energía geotérmica			
24. Incorporación o ampliación de uso de energía aero-térmica			
25. Incorporación o ampliación de uso de biomasa			
26. Incorporación o ampliación de uso de cogeneración o micro-cogeneración			
27. Incorporación o ampliación de uso de energía por gestión de residuos			

Con respecto a las medidas activas de domótica o automatización (tabla 9), la medida de “incorporación de sistemas de monitorización en los sistemas de calefacción y refrigeración” fue elegida por más del 50% de los expertos para edificios con calificación

energética de partida C o D. La medida de “incorporación de contadores individuales en sistemas centralizados” ha sido propuesta mayoritariamente para calificaciones energéticas iniciales B y C, mientras que la medida de “incorporación de sistemas de control y regulación de la instalación de iluminación” fue seleccionada por más del 50% de los expertos, cuando la calificación energética de partida es la C.

Tabla 9: Medidas Activas de Domótica y Automatización

MEDIDAS ACTIVAS DE DOMÓTICA O AUTOMATIZACIÓN	CATEGORIA DE PARTIDA		
	B	C	D
28. Incorporación de sistemas de monitorización y regulación de control, en los sistemas de calefacción y/o refrigeración			
29. Incorporación de contadores individuales en sistemas centralizados			
30. Regulación automatizada de sistemas de soleamiento.			
31. Incorporación de sistemas de control y regulación en la instalación de iluminación: interruptores automáticos, sensores de presencia, limitadores de intensidad, interruptores divididos por zonas en una misma estancia.			

En el gráfico 4 se presenta el porcentaje de expertos cuyo incremento total de coste, para llegar a obtener la calificación energética A en la segunda ronda de cuestionarios, se sitúa en cada uno de los intervalos que se muestran:

- 0-50% del incremento de coste medio
- 50%-100% del incremento de coste medio
- 100%-150% del incremento de coste medio
- >150% del coste medio.

Se observa que un 46,7% de los expertos obtuvieron incrementos de coste situados entre un 50% y un 150% del incremento de coste medio. Un 26,7% de las respuestas indicaron en segunda ronda un coste de implementación de las medidas más de un 50% superior al valor medio, mientras que el mismo número de ellas obtuvieron costes agregados de las medidas menores a la mitad de la media. La dispersión de los resultados puede deberse entre otras razones a las distintas formas de implementar las soluciones elegidas por los expertos o a que es diferente la combinación de medidas a implementar.

Gráfico 4: Porcentaje de expertos por categorías de coste

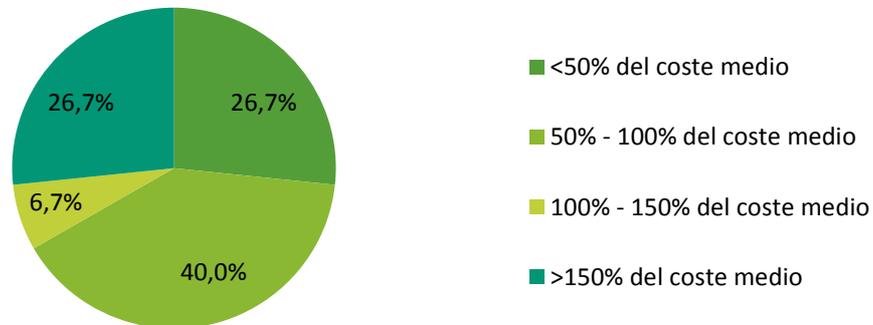


Gráfico 4: Porcentaje de expertos clasificados en categorías según su incremento total de coste para alcanzar la "calificación energética A" frente al incremento medio (100%)

En el gráfico 5, se presentan en columnas todas las medidas propuestas, tanto activas como pasivas, elegidas al menos por un experto, ordenadas de mayor a menor porcentaje de expertos que han seleccionado la misma. Este dato da una idea de cuán importante es la elección de cada medida con respecto a las demás cuando se trata de alcanzar la calificación energética A. Además, se representa otra serie de datos con una línea, que indica el índice de coste de cada opción en relación al coste medio de las medidas de adaptación propuestas (coste medio=100).

Se observa que las seis medidas de diseño propuestas (medidas nº 1 a 6) han sido adoptadas por al menos un 80% de los expertos y presentan unos índices de coste menores a 37 en todos los casos, lo que está muy por debajo del coste medio. Es por tanto interesante considerar la aplicación de estas medidas en fase de diseño, ya que han sido recomendadas por muchos de los expertos, y su coste es bajo en relación a las otras opciones disponibles.

La medida nº 9 "Adición de aislamiento térmico en cubierta" se presenta como otra opción interesante, ya que ha sido elegida por la práctica totalidad de los expertos y su coste se sitúa entorno a la media del resto de medidas.

La instalación de equipos de recuperación de calor (nº 20) fue elegida por todos los expertos, por lo que a pesar de situarse con un índice de coste relativamente alto de 176, es una opción a tener en cuenta de cara a reducir la demanda energética total de un edificio residencial.

La opción que presenta el índice de coste más alto es la medida nº16, relativa a la instalación de “fachada ventilada”, que con un alto coste en relación a las demás medidas y menos de la mitad de los expertos que la recomiendan, no parece ser la primera opción a considerar. Algo similar ocurre con la medida nº25 referente al uso de biomasa, que ha sido elegida por la misma cantidad de expertos y tiene también un índice de coste cercano al doble del coste medio.

Por último, se observa que de las dos alternativas de energía solar propuesta, solar-fotovoltaica (medida nº22) y solar-térmica (medida nº21), la energía solar térmica ha sido la opción de preferencia de casi un 50% más de expertos que la solar-fotovoltaica, y adicionalmente su índice de coste (96) es marcadamente inferior al de la solar-fotovoltaica (133).

Gráfico 5: Porcentaje de adopción e índice de coste de las medidas de adaptación

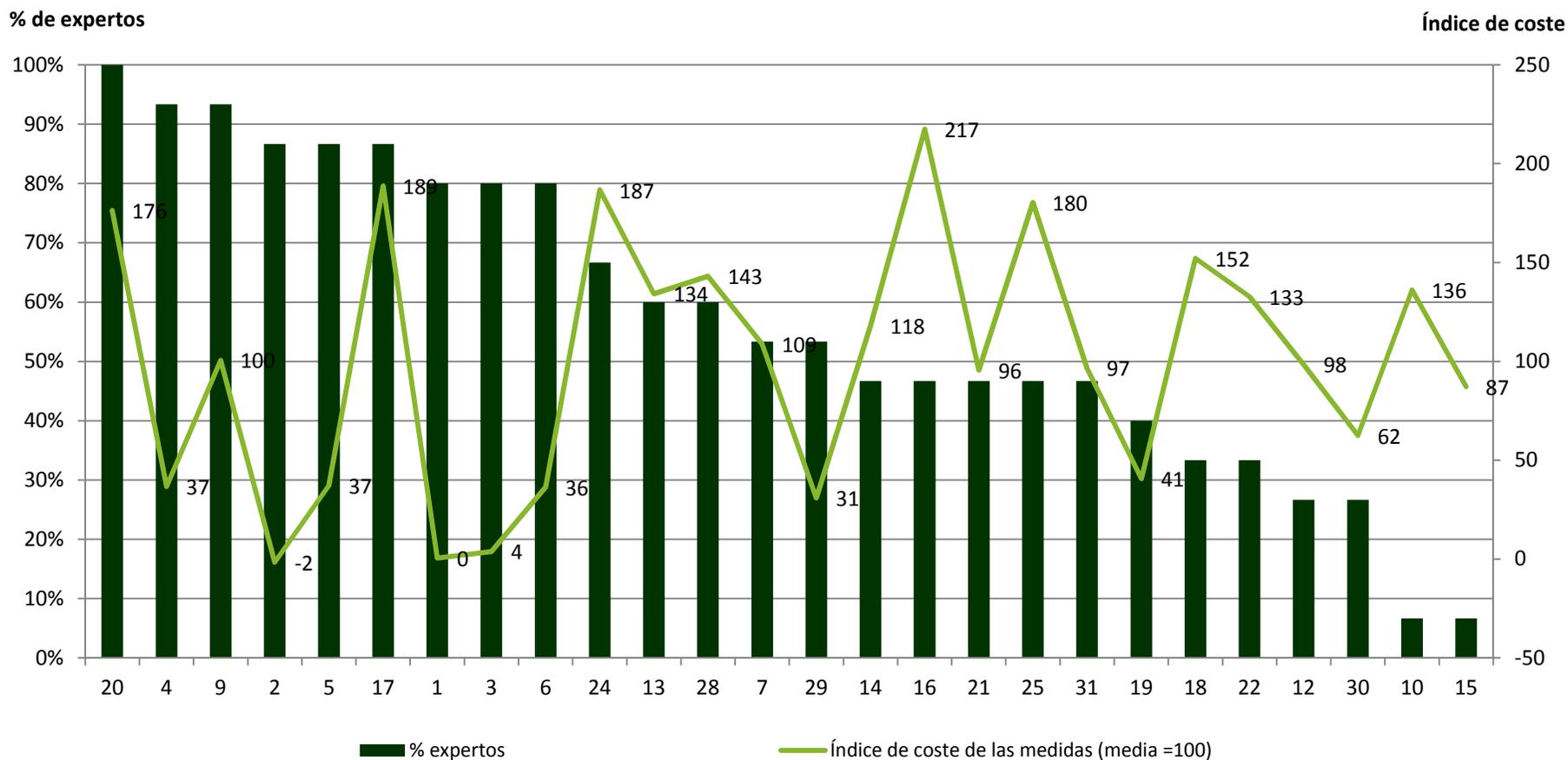


Gráfico 5: Medidas de adaptación ordenadas de mayor a menor porcentaje de expertos que las han adoptado e índice de coste de estas (coste medio = 100)

CONCLUSIONES

El análisis de medidas de adaptación al cambio climático en la construcción no es una tarea fácil, ya que si bien es posible establecer una edificación modelo para la evaluación de los costes de estas, sería demasiado complejo abarcar todas las posibilidades existentes con precisión. En este estudio, se ha optado por ofrecer a los expertos cierta flexibilidad para establecer las características iniciales del edificio residencial de partida, lo que nos ha permitido identificar las medidas de adaptación al cambio climático que, aun existiendo diferencias entre las edificaciones sobre las que se implementan, han sido recomendadas por un alto porcentaje de participantes.

En este sentido, los resultados han mostrado una clara preferencia de los expertos por las medidas pasivas sobre las activas. En concreto, las medidas de diseño, que son el grupo de medidas recomendadas por el mayor porcentaje medio de expertos, tienen en cuenta la necesidad de adaptarse al cambio climático desde el primer momento, optimizando características como la orientación o la distribución de huecos que no incrementan en gran medida el coste del proyecto. De acuerdo a los expertos, estas medidas, seleccionadas todas ellas al menos un 80% de las ocasiones, tienen costes por metro cuadrado muy inferiores a la media del resto de opciones, lo que las convierte en una posibilidad muy interesante a tener en cuenta.

Para la obtención de una calificación energética A, es vital reducir la demanda de energía del edificio, lo cual requiere un aislamiento térmico adecuado. Los resultados del estudio muestran que, de acuerdo al panel de expertos consultado, el aislamiento de las ventanas y de la cubierta del edificio, merecen especial atención para conseguir este objetivo.

Por su parte, las medidas activas tienen, en general, un mayor coste por metro cuadrado que las pasivas, lo que es coherente con el hecho de que hayan tenido menores porcentajes de adopción por parte del panel de expertos. Sin embargo, los equipos de recuperación de calor han sido señalados por todos los expertos como una posibilidad interesante, lo que sugiere que su relación coste/eficiencia es muy favorable.

Por último, cabe señalar la gran cantidad de combinaciones posibles que producen soluciones igualmente válidas y la existencia de una alta variabilidad en el coste de las medidas dependiendo de la edificación sobre la que se aplican. De esto se puede deducir la importancia de estudiar en profundidad las diferentes alternativas disponibles a la hora de proyectar y construir edificios sostenibles.

REFERENCIAS

- Astigarraga, E. (2003). El método Delphi. Recuperado de:
[http://www.academia.edu/1778724/El M%C3%A9todo Delphi. Universidad de Deusto](http://www.academia.edu/1778724/El_M%C3%A9todo_Delphi_Universidad_de_Deusto). Fecha: 22 de febrero de 2018.
- Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*, 9(3), pág. 458-467.
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (1975). *The Delphi method: Techniques and applications*. Estados Unidos.
- Pozo Llorente, M. T., Gutiérrez Pérez, J., & Rodríguez Sabiote, C. (2007). El uso del método Delphi en la definición de los criterios para una formación de calidad en animación sociocultural y tiempo libre. *Revista de Investigación Educativa*, 25(2), pág. 351-366.
- Reguant-Álvarez, M., & Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 9(1), pág. 87-102.
- Varela-Ruiz, M., Díaz-Bravo, L., & García-Durán, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. *Investigación en Educación Médica*, 1(2), pág. 90-95.