

XV Encuentro de Economía Aplicada
A Coruña, 7 y 8 de junio de 2012

LA RENTABILIDAD DE LAS INVERSIONES AHORRADORAS DE AGUA EN LOS SERVICIOS DE ALOJAMIENTO TURÍSTICO. ESTUDIO DE UN CASO (*)

Barberán Ortí, Ramón

barberan@unizar.es

Egea Román, Pilar

pilar.egea@unizar.es

Gracia de Rentería, Pilar

537490@unizar.es

Salvador Figueras, Manuel

salvador@unizar.es

Universidad de Zaragoza

*Departamento de Estructura e Historia Económica y Economía Pública
e Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón*

Resumen:

El agua es un factor productivo imprescindible para el desarrollo de la actividad de los establecimientos hoteleros. El consumo de agua por persona alojada en estos establecimientos suele ser elevado, ya que llega a superar hasta en tres veces el consumo medio de la población que reside en su propia vivienda. Por ello, en un contexto de creciente presión sobre este recurso natural escaso y estratégico, resulta de interés el estudio del consumo de agua en los hoteles y de sus posibilidades de ahorro. Este trabajo se ocupa del caso de un hotel de la ciudad de Zaragoza (España) en el que se han introducido reformas en sus equipamientos, adoptando tecnologías ahorradoras con la finalidad de reducir la cantidad de agua consumida. El trabajo analiza el impacto de tales reformas en el consumo, así como su rentabilidad financiera y económica. Los resultados muestran cómo con una pequeña inversión puede obtenerse una muy significativa reducción del consumo de agua y, por tanto, de los costes asociados al mismo (de entre los que destaca el coste energético). En consecuencia, las tasas de rentabilidad de la inversión que se obtienen son verdaderamente extraordinarias, tanto desde una perspectiva financiera como económica. Por tanto, este tipo de actuaciones permite mejorar la eficiencia del sector hotelero, disminuyendo la presión sobre el agua e incrementando simultáneamente la rentabilidad financiera de las empresas. Ello hace innecesaria la introducción de ayudas públicas para su fomento, aunque puede requerirse del impulso público para su difusión.

Palabras clave: Uso del agua en hoteles; medidas ahorradoras de agua; análisis de rentabilidad; análisis coste-beneficio.

Clasificación JEL: D62, L83, Q25.

* Este trabajo se ha realizado en el marco del Acuerdo de Colaboración entre la Universidad de Zaragoza y las empresas BR Grupo de Empresas S.L., Alfredo Sanjuan S.A. y Griferías Grober S.L. para la investigación relativa al análisis económico del desarrollo de nuevos instrumentos de ahorro de agua en el sector hotelero. Los autores agradecen el apoyo recibido de las citadas empresas para la obtención de los datos del caso de estudio, así como la ayuda financiera del Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) a través de una beca de iniciación a la investigación.

1. Introducción

El agua es un factor productivo imprescindible para el desarrollo de la actividad de los establecimientos hoteleros (hoteles, hostales, pensiones y campings). El consumo de agua por persona alojada en estos establecimientos suele ser elevado, ya que llega a superar hasta en tres veces el consumo medio de la población que reside en su propia vivienda (Ministerio de Medio Ambiente, 2007). No obstante, este consumo varía muy sustancialmente según el tipo de establecimiento, siendo máximo en el caso de los hoteles, donde el agua consumida por alojado es el doble que en los hostales y el triple que en los campings (Hamele y Eckardt, 2006).

El uso del agua en los establecimientos hoteleros puede llegar a constituir un problema ambiental y económico relevante cuando en un territorio el número de plazas ofertadas es muy elevado y existen problemas de escasez de agua (Essex *et al.*, 2004; Rico-Amorós *et al.*, 2009; Deyà y Tirado, 2011). En tal caso, el desarrollo de medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua en estos establecimientos tiene un evidente interés social, ya que contribuye a mitigar la escasez del recurso y a la sostenibilidad de la actividad turística. Este viene a ser el caso de España, donde, según la *Encuesta de Ocupación en Alojamientos Turísticos* de 2010, que elabora el Instituto Nacional de Estadística (INE), existen 7.588 hoteles en los que se ofrecen 1.219.568 plazas; y donde, además, las regiones con mayores problemas de escasez de agua coinciden en gran medida con las zonas de mayor afluencia turística y, por tanto, de mayor oferta de plazas hoteleras (Ministerio de Medio Ambiente, 2007).

Desde la perspectiva de las propias empresas hoteleras, el uso del agua también es una cuestión de considerable interés, ya que afecta a su cuenta de resultados. La afección se produce, en primer lugar, de modo directo por el coste que deben soportar por la adquisición de este recurso. Al respecto, aunque en España el precio del agua urbana es relativamente bajo en el contexto de los países de la OECD (OECD, 2010), éste no ha dejado de crecer por encima de la tasa de inflación desde que se cuenta con estadísticas sobre la materia. Así, entre los años 2000 y 2009, el cociente entre los ingresos por los servicios de agua urbana y el volumen de agua consumida por sus usuarios se ha incrementado en un 48,7% en términos reales para el conjunto de España, hasta situarse en 1,42 €/m³, según datos de la *Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua* elaborada por el INE. Además, el precio realmente soportado por la mayor parte de los establecimientos hoteleros, como grandes consumidores de agua que son, es significativamente más elevado que el precio medio debido a la estructura de las tarifas habitualmente aplicadas en España: tarifas en dos partes, con una parte fija y otra variable en función del consumo y en la que el precio aplicado para su cálculo es creciente con el nivel de consumo (Ministerio de Medio Ambiente, 2007; Arbués y Barberán, 2012). A todo lo cual se suma que el precio del agua en la mayor parte de las regiones más turísticas es claramente superior a la media nacional (a modo de ejemplo, el precio medio en las Islas Baleares es 2 €/m³ y en las Islas Canarias, 1,9 €/m³).

Finalmente, el uso del agua en los establecimientos hoteleros tiene otras consecuencias indirectas para la cuenta de resultados de las empresas. La razón es que la política medioambiental de las empresas turísticas y la imagen asociada afectan al nivel y características de su demanda. Esto se explica, con carácter general, porque la imagen que los clientes tienen de una empresa influyen en su intención de compra, su inclinación a hablar sobre ella a los demás y su disposición a pagar más por los servicios que les ofrece (Han *et al.*, 2009). Así, se ha

comprobado que la adopción de una estrategia de responsabilidad medioambiental mejora la rentabilidad económica de los hoteles, ya que los turistas valoran cada vez más las variables ambientales en la elección de sus destinos y alojamientos (Tarí *et al.*, 2010; García Rodríguez y Armas Cruz, 2007; Ayuso, 2006; Álvarez *et al.*, 2001).

Este trabajo se ocupa del estudio de un caso, un hotel de la ciudad de Zaragoza (España) que ha reformado sus equipamientos para introducir tecnologías ahorradoras de agua, del que se cuenta con una amplia y detallada información. El objetivo del trabajo es analizar el impacto de la introducción de esas nuevas tecnologías sobre el consumo de agua en los hoteles, así como evaluar su rentabilidad financiera y económica.

El trabajo se estructura en cinco secciones, además de esta introducción. La sección segunda pasa revista a la literatura sobre consumo de agua en alojamientos colectivos y sobre la introducción de mejoras técnicas dirigidas al ahorro de agua. La tercera presenta el caso de estudio, es decir, se describen las características del hotel, su nivel de actividad, su consumo de agua antes de la reforma y, finalmente, la propia reforma llevada a cabo. La cuarta sección expone la metodología y resultados del análisis estadístico efectuado para medir el impacto de la reforma sobre el consumo de agua. La quinta sección se dedica al análisis financiero y económico, identificando y valorando monetariamente las consecuencias de la reforma en términos de costes y beneficios, y calculando su rentabilidad. Se cierra con una sección de conclusiones. Se incluye, finalmente, un apéndice matemático en el que se muestra, con más detalle, el procedimiento estadístico utilizado.

2. Revisión de la literatura

De los principales trabajos que analizan el consumo de agua en alojamientos colectivos, haremos referencia, en primer lugar, a los trabajos referidos a escuelas y hospitales, para centrarnos seguidamente en los referidos a alojamientos hoteleros.

En cuanto al consumo de agua en las escuelas, se debe distinguir entre aquellas que cuentan con residencia para los estudiantes de las que no. En las escuelas sin residencia, Cheng y Hong (2004) observan que, para el caso de Taiwán, el consumo de agua es de 17 litros/persona/día. Sin embargo, en aquellas que cuentan con residencia el consumo es de 115,12 litros/persona/día, según indican Oduro-Kwarteng *et al.* (2009) para el caso de Ghana. Este estudio revela también que el 62% del consumo de agua se realiza en la ducha y el 30% en los inodoros, y que la instalación de dispositivos ecológicos en la grifería y los inodoros podría suponer un ahorro de agua del 30% (unos 36 litros/persona/día).

Otros estudios realizados en escuelas se han centrado en comparar entre edificios con y sin medidas ahorradoras, más allá del mero cálculo de los consumos de agua. Por ejemplo, en Norteamérica, donde se observa un creciente interés por la implantación de escuelas ecológicas, varios estudios han comprobado los beneficios asociados a este tipo de escuelas. Issa *et al.* (2009) afirman que las escuelas ecológicas de Toronto tienen un menor consumo de agua, electricidad y gas que las escuelas convencionales; siendo el tamaño del colegio y el número de usuarios los factores que influyen en el consumo. Además, según indica Kats (2006), pese a que la construcción de escuelas ecológicas supone un incremento del coste del 2% con respecto a las escuelas tradicionales, los beneficios que se obtienen en términos de ahorro de recursos (agua, energía y emisiones) son 20 veces mayores que esos costes adicionales. También en los centros universitarios americanos se están llevando a cabo este tipo de iniciativas. Tal y como recoge un

estudio del *Sustainable Endowments Institute* (2011), en 2009 más de 300 centros se han beneficiado de la financiación de los fondos creados para llevar a cabo reformas ecológicas.

También algunos trabajos han analizado el consumo de agua en hospitales. Para el caso de Polonia, Bujak (2010) obtiene que el consumo de agua caliente es de 5 litros/hora/cama, a partir del control de la actividad en las habitaciones de dos hospitales. Además, observa que el consumo de agua caliente no varía según las estaciones del año, pero sí según los días de la semana, siendo mayor entre semana que los días festivos. En concreto, el consumo en los días laborables un 4,7% superior a la media.

Por lo que se refiere al consumo de agua en los hoteles, se observa que varía notablemente de unos estudios a otros. En Barbados, Charara *et al.* (2011) obtienen un consumo medio de agua de 863 litros/persona; mientras que en Jamaica oscila entre 438 y 1.326 litros/persona/día, según Meade y Gonzalez-Morel (1999). Para el caso europeo, Bohdanowicz y Martinac (2007) obtienen un consumo de 215 y 515 litros/persona/día para los hoteles Hilton y Scandic respectivamente. Hamele y Eckardt (2006), en un estudio referido a quince países de la Unión Europea, que analiza 119 hoteles, comprueban que el nivel de consumo medio es de 231 litros/cliente, teniendo en cuenta que una parte de los clientes no son individuos alojados en el hotel, sino clientes del restaurante. En España, Cobacho *et al.* (2005) estudian el consumo realizado en las habitaciones, siendo éste de 83,14 litros/día/habitación/huésped (54,65 litros de agua fría y 28,49 litros de agua caliente).

Estos consumos de agua parecen estar sujetos a una cierta estacionalidad. Así, en los hoteles de Sudáfrica, Rankin y Rousseau (2006) observan que el consumo de agua aumenta un 30-40% en verano, mientras que la fracción de agua caliente utilizada disminuye. También obtienen que el 60% del agua caliente es consumida entre las 6-13h. Igualmente, Charara *et al.* (2011) apuntan que el consumo de agua en los hoteles de Barbados suele ser mayor durante los meses de julio y agosto. Por tanto, la estación del año aparece como un factor clave a la hora de explicar el consumo de agua en los hoteles.

En cuanto a los factores que están determinando el consumo esperado, Bohdanowicz y Martinac (2007) obtienen que, en los hoteles europeos, los principales factores que hacen aumentar el consumo de agua son el hecho de que el hotel sea de lujo, el clima (los países mediterráneos tienen un mayor consumo de agua), el tamaño del hotel (m^2), el número de pernотaciones y el número de comidas servidas. Según estos autores, el tamaño del hotel es uno de los factores que más afecta al consumo de agua, más en los hoteles de lujo que en los de categoría media. Sin embargo, Deng (2003) sostiene que el tamaño del hotel no debe tenerse en cuenta a la hora de evaluar la eficiencia en el consumo de agua. También Charara *et al.* (2011) concluyen que el tamaño del hotel no es un factor relevante, mientras que obtienen que las variables determinantes son el número de habitaciones, la categoría del hotel (el consumo medio de agua de los hoteles de lujo y de categoría media es 927 y 553 litros/persona/día respectivamente) y el número de empleados; siendo esta última la variable que más influye en el consumo. Por tanto, no parece estar del todo clara la relación entre tamaño del hotel y consumo de agua, mientras que el clima, la categoría y la ocupación del hotel parecen ser factores relevantes en la mayoría de estudios. En otro orden de cosas, Meade y González-Morel (1999) concluyen que existe una relación inversa entre ocupación y consumo de agua por persona alojada. Esto parece indicar que, junto al agua consumida por los huéspedes del hotel, existe también un consumo fijo asociado a la limpieza y mantenimiento del hotel.

Otros estudios se han centrado en estudiar la estructura de los usos del agua. En este tipo de análisis, el hecho de que el hotel tenga o no lavandería es un factor clave ya que, según indican Deng y Burnett (2002), los hoteles con lavandería destinan un 47% del agua a la lavandería, un 30% a las habitaciones y un 22% a la cocina. Sin embargo, aquellos hoteles sin lavandería consumen un 55% del agua en la cocina y un 44% en las habitaciones. Dado que la tendencia actual ha sido externalizar progresivamente ciertos servicios de los hoteles, como es el caso del servicio de lavandería, a la hora de evaluar el consumo de agua y las medidas de ahorro interesa centrarse, principalmente, en los huéspedes y los servicios de restauración de los hoteles. Así, Cobacho *et al.* (2005) analizan, en los hoteles españoles, los usos finales del agua realizados en las habitaciones. En este caso, el 45% del agua se destina al lavabo, el 33% a la ducha y el 22% al inodoro. El uso de agua fría se realiza principalmente en lavabos (38%), inodoros (35%) y duchas (27%). También en el caso del agua caliente, el mayor consumo se realiza en el lavabo (58%), seguido de las duchas (42%).

Todos estos estudios sobre el consumo de agua en los hoteles y sus factores tienen como objetivo último conocer la eficiencia en el uso del agua en este sector. Sin embargo, muy pocos son los estudios que analizan los beneficios de introducir medidas ahorradoras de agua. En el Reino Unido, *Environmental Agency* (2004), realizó un estudio de este tipo en 8 hoteles, introduciendo cambios como la instalación de inodoros con menor capacidad de descarga, la instalación de grifos con infrarrojos en habitaciones y cocina, la modernización de los sistemas de riego en jardines, la reparación de fugas, etc. Estos cambios permitieron ahorros de agua de entre un 15% y un 58%, siendo la media ahorrada de un 25% por persona y día. En los hoteles de Jamaica también se ha llevado a cabo un proyecto similar, introduciendo medidas ahorradoras de agua en las habitaciones, tales como duchas de bajo flujo y aireadores en los grifos, y llevando a cabo proyectos de fomento de la reutilización de ropa de cama y toallas cuando una persona pernocta más de un día en la misma habitación. La estimación de los consumos antes y después de las medidas parece indicar que el consumo de agua se redujo un 30%. Además, tal y como indican Meade y González-Morel (1999), la mayoría de estos dispositivos tienen un coste inferior a 10 \$/habitación. Para el caso de España, Hamele y Eckardt (2006) revelan que la instalación de dispositivos ahorradores de agua en la grifería y de inodoros de doble descarga en un hotel de la isla de La Gomera (España) produjo un ahorro en el consumo de agua del 33% en el primer año.

3. El caso de estudio

El objeto de estudio de este trabajo es el Hotel Silken Reino de Aragón, localizado en el centro histórico de la ciudad de Zaragoza (España). Zaragoza está situada en el centro del cuadrante nororiental de la Península Ibérica, equidistante en aproximadamente 300 Km de las principales ciudades del norte de España (Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao), y cuenta, en 2010, con 675.121 habitantes. Según el Instituto Aragonés de Estadística, esta ciudad disponía en el año 2008 de una renta disponible bruta per cápita de 17.838 € lo que la posiciona en el 115,6% de la media española. En la estructura sectorial de su economía destaca la fuerte especialización en el sector servicios, que aportaba el 68,9% de su VAB¹ en 2007; le siguen, en orden de

¹ Estos datos se refieren a la ciudad de Zaragoza más los municipios de su entorno, conjunto que conforma la denominada Demarcación Comarcal de Zaragoza, y han sido elaborados por el Instituto Aragonés de Estadística. No obstante, tales datos representan bastante fielmente la realidad económica de la ciudad, ya que ésta aporta el 91,1% de la población y el 91,7% de la renta bruta disponible de la citada Demarcación Comarcal, según datos del Instituto Aragonés de Estadística para 2008.

importancia, la industria (18,3%), la construcción (11,1%), la energía (1,3%) y la agricultura (0,4%).

En cuanto a la oferta hotelera, que se mantiene estable en los últimos años, se compone de 57 hoteles que ofertan 10.480 plazas (Zaragoza Turismo, 2008; *Zaragoza Convention Bureau*, 2011), cuya distribución por categorías se refleja en la Tabla 1. Además, esta oferta se complementa con la realizada por los hostales y pensiones, hasta alcanzar un total de 108 establecimientos y 11.055 plazas ofertadas, según el Instituto Aragonés de Estadística. En 2010, la ciudad recibió 799.938 visitantes, que dieron lugar a 1.340.193 pernoctaciones, el 76,5% de las cuales correspondieron a visitantes españoles.

(Insertar Tabla 1)

El Hotel Silken Reino de Aragón, inaugurado en 1996, tiene una categoría de 4 estrellas y cuenta con 117 habitaciones y 191 camas. La clientela del hotel está asociada principalmente a los viajes de negocios, excepto en periodos vacacionales y fines de semana, cuando hay una clientela que viaja para visitar la ciudad o para participar en eventos familiares. Por tanto, durante los días hábiles, la ocupación de las habitaciones suele ser individual. Sin embargo, durante los periodos festivos, se suele realizar un uso compartido de las habitaciones. En periodos vacacionales, principalmente en Agosto, la ocupación desciende considerablemente. Por el contrario, el mes de Septiembre suele ser el de mayor actividad, ya que es un periodo en el que se celebran numerosas ferias y congresos en la ciudad.

En 2010, el hotel dio alojamiento a una media de 103,30 personas/día (43,77 en habitación individuales y 59,56 en habitaciones compartidas), siendo el número medio de personas por habitación ocupada de 1,40. El grado de ocupación media de las habitaciones del hotel fue del 62,87%. Dado que el grado medio de ocupación de los hoteles de igual categoría en Zaragoza se sitúa en el 51,74%, puede concluirse que el grado de ocupación del hotel es satisfactorio en el entorno en el que se ubica.

En cuanto a los servicios que oferta, cuenta con un restaurante, una cafetería, varios salones para banquetes con capacidad para 250 personas, varios salones habilitados para la realización de eventos con capacidad para 350 personas, un gimnasio, una terraza y garaje. No cuenta con piscina ni lavandería, ya que este servicio está externalizado.

En 2008, el consumo diario medio de agua del hotel era de 50.975 litros, de los cuales un 18,25% correspondía al consumo de agua caliente y un 81,74% al de agua fría, siendo el consumo diario medio por persona alojada de 396,46 litros. Estos consumos se traducían en un coste diario por el suministro de agua de 115,56 €de media, además de los subsiguientes costes por el consumo de energía eléctrica y de gas necesarios para el bombeo del agua y para el suministro de agua caliente sanitaria (ACS).

En este contexto, la empresa propietaria decidió aprovechar una reforma general del hotel prevista para el primer semestre de 2009, que incluía la sustitución de la grifería, para instalar una grifería con dispositivos ahorradores de agua. En concreto, en los lavabos y bidés se instalaron grifos con cartuchos ecológicos que disponen de un sistema de apertura en dos pasos, de modo que si se eleva la maneta del monomando hasta encontrar una leve resistencia sólo se obtiene un caudal del 60% del total, así como aireadores con limitadores de caudal a 6 litros/minuto. Mientras que en las duchas se instalaron discos limitadores de caudal a 9 litros/minuto. Estos cambios se efectuaron entre marzo y mayo de 2009, afectando a los aseos

tanto de las habitaciones como de las zonas comunes (recepción, restaurante, salones, gimnasio y oficinas de dirección). Además, en octubre del mismo año se realizaron actuaciones adicionales en la cocina, consistentes en la sustitución de las duchas de pre-lavado por otras con limitadores de caudal a 9 litros/minuto, y en la sustitución y regulación de los dispositivos que controlan la entrada de agua en el tren de lavado, que es utilizado sólo para banquetes y similares y únicamente consume agua caliente (no se interviene sobre los lavavajillas de cocina y cafetería, que son de uso habitual y consumen agua fría).

Tras la ejecución de estas reformas, los datos de 2010 muestran un consumo diario medio de agua igual a 39.118 litros (16,51% de agua caliente y 83,49% de agua fría), equivalente a 378,56 litros por persona alojada y día. No obstante, estos datos se refieren al agua utilizada en todo el hotel, tanto por los alojados como por las otras personas que hacen uso de servicios del hotel distintos del alojamiento y por los propios empleados del hotel (53 trabajadores)². Para conocer el consumo de agua realizado en las habitaciones, se instalaron contadores de agua fría y caliente en 2 habitaciones con características representativas del conjunto. Los datos disponibles, correspondientes al periodo comprendido entre mayo de 2010 y junio de 2011, indican que el consumo medio fue de 124,30 litros por persona y día, distribuido entre 1/3 de agua caliente (41,21 litros/persona) y 2/3 de agua fría (83,09 litros/persona).

La evaluación del impacto de estas reformas sobre el consumo de agua no puede hacerse mediante la simple comparación de los consumos habidos en los años anterior y posterior a las mismas. Ello es así porque el impacto de ese cambio técnico se halla confundido con el ocasionado por los cambios habidos en los demás factores que influyen en el consumo de agua y, de modo muy especial, porque los datos de consumo están contaminados por la existencia de una avería en el sistema de refrigeración que fue detectada y reparada el 5 de octubre de 2010 y que ocasionó una fuga de agua fría de cuantía y duración desconocidas. Por tanto, se dedica el siguiente epígrafe a analizar en profundidad los datos de consumo.

4. Análisis estadístico del impacto de la reforma sobre el consumo de agua

En esta sección se realiza un análisis estadístico del consumo diario de agua en el hotel (tanto de agua caliente como fría) con el fin de evaluar el impacto ejercido por las reformas descritas en la sección anterior. Este análisis se ve fuertemente condicionado por la avería que acaba de mencionarse, ya que requiere de la estimación aproximada de la fecha en que se inició y de la cuantía del agua perdida. Para acometer el análisis se plantea un modelo de regresión dinámico y se utilizan como variables de control diversos aspectos de la actividad hotelera relacionados con el consumo de agua.

4.1. Los datos

Los datos utilizados para el análisis estadístico corresponden a observaciones diarias del consumo separado de agua caliente y fría (en litros) del hotel, obtenidas a partir de los registros realizados por el personal de mantenimiento del hotel tras la lectura de los contadores instalados al efecto. El periodo analizado abarca desde el 1 de Agosto de 2006 hasta el 30 de marzo de 2011, dando lugar a un total de $T = 1.703$ días. Sin embargo, no existen registros de todos los días, por lo que para algunos periodos (en especial los fines de semana y los días festivos) sólo

² La plantilla del hotel está compuesta por 44 empleados, pero se incrementa hasta 53 si se suman los puestos de trabajo equivalentes correspondientes a la actividad de los trabajadores eventuales en tareas de limpieza y restauración. Por otra parte, el mantenimiento y limpieza de la terraza y el garaje se realizan con agua de pozo.

se dispuso de datos agregados. En consecuencia, el número de observaciones finalmente disponibles ascendió a 995 observaciones.

Al objeto de evitar posibles efectos confundidos en la evaluación del impacto de las reformas y de la avería sobre el consumo, se utilizaron como variables de control: un conjunto de efectos estacionales trimestrales (distinguiendo las 4 estaciones del año); el número de personas alojadas en el hotel; el número de personas alojadas en habitación individual y de uso compartido; el número de personas equivalentes asistentes a banquetes y similares (convenciones, coffee-breaks y cocktails) calculado como un promedio ponderado dado por la expresión $1n_{\text{Banquete}} + 0,58n_{\text{Convención}} + 0,13n_{\text{Coffee-Break}} + 0,18n_{\text{Cocktail}}$, donde n_i es el número de personas asistentes a la actividad i ($i \in \{\text{Banquete, Convención, Coffee-Break, Cocktail}\}$) y donde los pesos se han asignado de acuerdo a las estimaciones de consumo de agua por persona establecidas por los responsables del hotel; y el número de personas equivalentes asistentes a almuerzos y similares (desayunos, comidas y cenas) calculado por la expresión $0,57n_{\text{Desayuno}} + 1n_{\text{Almuerzo}} + 0,87n_{\text{Cena}}$. Con el fin de evitar posibles redundancias que oscureciesen la interpretación de los resultados obtenidos, se realizó un estudio de multicolinealidad de todas estas variables a partir del análisis de su matriz de correlaciones mostrada en la Tabla 2.

(Insertar Tabla 2)

Se observa la existencia de correlaciones significativamente positivas entre todas ellas siendo, además, algunas de dichas correlaciones relativamente fuertes. Un análisis factorial reveló la existencia de dos factores explicando el 72,48% de la variación total: el primero relacionado con el número de personas alojadas en el hotel y el segundo, con el número de personas asistentes a banquetes y similares. En vista de los resultados obtenidos, se decidió utilizar como variables de control las más relacionadas con los dos factores: el número de personas alojadas y el número de personas asistentes a banquetes y similares.

Como resultado de este estudio, la información finalmente utilizada viene dada por:

$$\{C_{\text{cal},(t_{i-1}+1):t_i}, C_{\text{fria},(t_{i-1}+1):t_i}, \text{Aloj}_{(t_{i-1}+1):t_i}, \text{Banq}_{(t_{i-1}+1):t_i}; i = 1, \dots, n\} \text{ donde}$$

$n = 995$ es el número de observaciones

$1 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_n = T$ son las fechas que delimitan los periodos de los que se dispone de información

$$C_{\text{cal},(t_{i-1}+1):t_i} = \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} C_{\text{cal},t} \text{ siendo } C_{\text{cal},t} = \text{consumo total de agua caliente del hotel el día } t$$

$$C_{\text{fria},(t_{i-1}+1):t_i} = \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} C_{\text{fria},t} \text{ siendo } C_{\text{fria},t} = \text{consumo total de agua fría del hotel el día } t$$

$$\text{Aloj}_{(t_{i-1}+1):t_i} = \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} \text{Aloj}_t \text{ siendo } \text{Aloj}_t = \text{el número total de personas alojadas en el hotel el día } t$$

$Banq_{(t_{i-1}+1):t_i} = \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} Banq_t$ siendo $Banq_t$ = el número total de personas equivalentes que participaron en banquetes y similares celebrados en el hotel el día t.

En la Figura 1 se muestra la evolución del consumo medio diario de agua caliente y agua fría y del total de ambos. Se observa la presencia de una tendencia aproximadamente constante en torno a los 40.000 litros de consumo total de agua hasta mediados-finales del año 2007, iniciándose una tendencia creciente a partir de dichas fechas que alcanza un pico de unos 65.000 litros diarios en torno a los meses de Agosto-Septiembre de 2008. Le siguen una tendencia decreciente que dura hasta finales del año 2009 y una estabilización, con grandes oscilaciones en torno a la tendencia media, del consumo total de agua en torno a los 40.000 litros de agua que dura hasta principios Octubre de 2010 que es cuando se detecta la fuga de agua y se corrige. A partir de ese momento el consumo total de agua se estabiliza en torno a los 20.000 litros diarios. Esta tendencia es común al consumo de agua fría, que es el que tiene un mayor peso en el consumo total de agua y es en el que, como ya se ha indicado, repercutió la fuga de agua. Por su parte, el consumo medio de agua caliente ha mantenido una tendencia más o menos constante en torno a los 8.500 litros de agua. Finalmente se observa la presencia ocasional de algunos picos elevados de consumo debido a la realización de eventos excepcionales en dichos días.

(Insertar Figura 1)

En las Figuras 2 y 3 se muestran la evolución diaria del número medio de personas alojadas en el hotel (Figura 2) y que asisten a banquetes y similares (Figura 3). El número medio de personas alojadas fue de 112, si bien se observan continuas oscilaciones, destacando la existencia de una tendencia localmente creciente en torno a los meses de Julio a Septiembre de 2008 (fechas de celebración de la Exposición Internacional Zaragoza 2008) en que llega a alcanzarse el máximo de 214 personas alojadas. Respecto a la serie de personas asistentes a banquetes, el número medio fue 36, si bien hubo ocasiones en los que dicho número fue mucho mayor, llegando a alcanzarse un máximo de 231 personas, aunque también hubo un porcentaje no despreciable de días sin eventos de este tipo (en torno al 20%).

(Insertar Figuras 2 y 3)

4.2. El modelo

Como ya se ha señalado, los objetivos que se pretenden alcanzar con el estudio estadístico de los datos son:

- 1) Evaluar el impacto que ha tenido la avería en el consumo de agua fría del hotel.
- 2) Evaluar el impacto global de las reformas en el consumo separado de agua fría y caliente así como en el consumo total de agua.

La evaluación de dichos impactos exige estimar el tiempo $t_{inicio_avería}$ en el que la avería comenzó. Para tal fin se introduce una variable indicadora cuyo valor dependerá de dicho tiempo, el cual será tratado como un parámetro adicional del modelo. De esta forma el modelo utilizado es uno de regresión dinámica cuya ecuación viene dada por:

$$Y_t = \beta_{cte} + \beta_{verano}I_{verano,t} + \beta_{otoño}I_{otoño,t} + \beta_{invierno,t}I_{invierno,t} +$$

$$\begin{aligned}
& + \beta_{alojadas} (Aloj_t - \overline{Aloj}) + \beta_{banquetes} (Banq_t - \overline{Banq}) + \\
& + \beta_{averia} I_{t_{inicio_averia}:t_{fin_averia},t} \text{ (si } Y = C_{fria} \text{ o } C_{total}) + \\
& + \beta_{reforma_habitaciones} I_{t_{reforma_habitaciones},t} + \beta_{reforma_cocina} I_{t_{reforma_cocina},t} + \\
& + \beta_{alojadas_reforma_habitaciones} I_{t_{reforma_habitaciones},t} (\overline{Aloj_t} - \overline{Aloj}) + \\
& + \beta_{banquetes_reforma_cocina} I_{t_{reforma_cocina},t} (\overline{Banq_t} - \overline{Banq}) + \varepsilon_t \quad t=1, \dots, T \quad (1)
\end{aligned}$$

donde

$Y_t = C_{cal,t}$, $C_{fria,t}$ o $C_{total,t}$ según se analice el consumo de agua caliente, fría o el consumo total

$I_{verano,t} = 1$ si t es un día de verano y 0 en otro caso

$I_{otoño,t} = 1$ si t es un día de otoño y 0 en otro caso

$I_{invierno,t} = 1$ si t es un día de invierno y 0 en otro caso

$I_{t_{inicio_averia}:t_{fin_averia},t} = -1$ si $t < t_{inicio_averia}$; 1 si $t > t_{fin_averia}$ y 0 en otro caso, siendo $t_{fin_averia} = 5$ de Octubre de 2010³

$I_{t_{reforma_habitaciones},t} = 1$ si $\exists t_{reforma_habitaciones}$ y 0 en otro caso, siendo $t_{reforma_habitaciones} = 1$ de Junio de 2009 (tiempo de finalización de la reforma en las habitaciones y zonas comunes)

$I_{t_{reforma_cocina},t} = 1$ si $\exists t_{reforma_cocina}$ y 0 en otro caso, siendo $t_{reforma_cocina} = 1$ de Noviembre de 2009 (tiempo de finalización de la reforma en la cocina)

$\overline{Aloj} = \frac{1}{T} \sum_t Aloj_t$ es el número medio de personas alojadas en el hotel a lo largo del periodo objeto de estudio

$\overline{Banq} = \frac{1}{T} \sum_t Banq_t$ es el número medio de personas asistentes a banquetes o similares a lo largo del periodo objeto de estudio

$\{\varepsilon_t; t=1, \dots, T\}$ es ruido blanco gaussiano con $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma)$

De esta forma se tiene que:

β_{cte} es el consumo de agua diario estimado para un nivel medio de alojamiento y un número medio de personas asistentes a banquetes y similares en el hotel

β_{verano} , $\beta_{otoño}$, $\beta_{invierno}$ evalúan el cambio en el consumo diario de agua del hotel en los días de verano, otoño e invierno con respecto a los días de primavera que se toman como referencia

³ Una estimación del modelo usando dos variables indicadoras antes y después del tiempo de avería no mostró resultados significativamente diferentes de los aquí mostrados

β_{alojadas} evalúa el incremento en el consumo diario de agua del hotel por persona alojada antes de las reformas

$\beta_{\text{banquetes}}$ evalúa el incremento en el consumo diario de agua del hotel por persona asistente a banquetes o similares antes de las reformas

$\beta_{\text{avería}}$ evalúa el impacto de la avería sobre el consumo diario de agua fría

$\beta_{\text{reforma_habitaciones}}$ evalúa el impacto de las reformas realizadas en las habitaciones y zonas comunes del hotel (exceptuando las reformas específicas de la cocina) sobre el consumo diario

$\beta_{\text{reforma_cocina}}$ evalúa el impacto de las reformas realizadas en la cocina del hotel sobre el consumo diario

$\beta_{\text{alojadas_reforma_habitaciones}}$ evalúa el incremento medio en el consumo diario de agua del hotel por persona alojada después de las reformas en las habitaciones del hotel

$\beta_{\text{banquetes_reforma_cocina}}$ evalúa el incremento en el consumo diario de agua del hotel por persona asistente a banquetes o similares después de las reformas llevadas a cabo en la cocina del hotel

4.3. Metodología estadística

La selección del modelo se ha llevado a cabo mediante un proceso de selección de variables que tiene en cuenta la incertidumbre asociada a la estimación del tiempo de inicio de la avería ($t_{\text{inicio_avería}}$) que, como se ha comentado anteriormente, se ha considerado como un parámetro más del modelo.

La estimación de los parámetros de cada modelo considerado en el proceso de selección se ha realizado mediante estimadores robustos obtenidos aplicando el método de los mínimos cuadrados iterados. Utilizando las estimaciones puntuales obtenidas así como sus matrices de varianzas y covarianzas, se calculan las probabilidades a posteriori de los modelos (ver Apéndice para más detalles). A partir de dichas probabilidades se selecciona el modelo de probabilidad “mediano” (ver Apéndice) que utiliza como variables explicativas aquéllas cuya probabilidad a posteriori de estar incluidas en el modelo es mayor o igual a 0,5 y que, como Barbieri y Berger (2004) demuestran, suele ser el modelo con mejores capacidades predictivas en procesos de selección de modelos similares al llevado a cabo en este trabajo.

Una vez seleccionado el modelo, se han calculado las estimaciones puntuales de sus parámetros así como sus errores estándar y se han elaborado predicciones, tanto diarias como anuales, todas ellas teniendo en cuenta la incertidumbre asociada al proceso de estimación del tiempo de inicio de la avería (ver Apéndice para los detalles matemáticos).

4.4. Resultados

4.4.1. Modelos seleccionados y parámetros estimados

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos al aplicar el proceso de estimación y selección de modelos, descrito en la sección anterior y en el Apéndice. Para estimar el tiempo de inicio de la avería ($t_{\text{inicio_avería}}$) se tomó como posibles valores de dicho parámetro los comprendidos entre el 1 de Marzo de 2007 y el 31 de Mayo de 2009, dando lugar a un total de $A = 473$ posibilidades. Estos valores se seleccionaron de forma que hubiera al menos 5

observaciones por parámetro estimado en los periodos previo y posterior al inicio de la avería, con el fin de que el efecto de la misma se pudiera estimar con cierta fiabilidad.

(Insertar Tabla 3)

El modelo seleccionado para los consumos de agua fría y total es el mismo, fruto del mayor peso del consumo de agua fría a la hora de determinar el consumo total de agua (ver Figura 1), y elimina como variables independientes las interacciones de las reformas realizadas en las habitaciones y en la cocina con los efectos ejercidos por el número de personas alojadas y de participantes en banquetes, respectivamente. Por su parte, el modelo seleccionado para el consumo de agua caliente elimina la interacción de la reforma realizada en la cocina con el número de participantes en banquetes.

La fuga de agua ejerció un efecto significativo en el consumo de agua fría, estimándose en 13.986 litros/día el incremento de consumo por este concepto. Esta estimación es significativamente superior a la obtenida por el modelo seleccionado para el consumo total de agua, que estima dicho aumento en unos 11.818 litros. Sin embargo, esta última estimación es menos fiable, dado que el consumo total lleva incorporados en su cálculo los niveles de consumo de agua caliente, los cuales oscurecen la estimación de dicho impacto. Sí existe, sin embargo, concordancia en ambos modelos a la hora de situar el tiempo de inicio de la avería a principios del año 2008 (el 7 de Enero de 2008) con un intervalo de credibilidad del 95% que abarca desde el 10 de Septiembre de 2007 al 15 de Enero de 2008. El elevado grado de asimetría hacia la izquierda de dicho intervalo se debe a la existencia de un periodo de 4 meses (Septiembre a Diciembre de 2007) durante el que sólo se dispuso de información sobre el consumo de agua a nivel mensual, por lo que el modelo no pudo discriminar con más detalle las fechas correspondientes a dichos meses.

Si analizamos el impacto de las reformas, sí se aprecia la existencia de efectos significativos en los consumos tanto de agua fría como de agua caliente. Así, la reforma llevada a cabo en las habitaciones y zonas comunes (exceptuando las reformas específicas de la cocina) ocasionó la disminución del nivel medio de consumo de agua fría en unos 3.402 litros diarios, sin que se haya apreciado la existencia de efectos significativos sobre el consumo medio por persona alojada, el cual se estima que se mantiene en alrededor de 81 litros/día. El impacto de dicha reforma en el consumo de agua caliente fue un descenso de 2.767 litros diarios, así como una disminución adicional del consumo por persona alojada de 22 litros/día, el cual pasó de ser 49,5 litros/día antes de la reforma a 27,5 litros/día después de la misma. Por su parte, la reforma de la cocina impactó, principalmente, en el consumo diario de agua fría, el cual disminuyó en 1.345 litros diarios (significativo al 85%). El impacto de dicha reforma fue mucho menor en el consumo de agua caliente (unos 232 litros diarios), aunque éste último valor no llega a ser estadísticamente significativo. Atendiendo al consumo total de agua, ambas reformas tuvieron impactos significativos, cifrándose en 5.750 y 2.402 litros diarios de agua las reducciones de dicho consumo provocado por las reformas en las habitaciones y en la cocina, respectivamente.

Las estimaciones de los coeficientes del resto de las covariables incluidas en los modelos tienen el signo esperado y son, en su mayor parte, significativas. Así, el incremento en los consumos de agua caliente y fría por persona asistente a banquetes y similares se estima en alrededor de 5 y 36 litros/día, respectivamente, siendo ambas estimaciones significativas. Respecto al efecto de las estaciones, y tomando el consumo de agua en primavera como referencia, se observa, en primer lugar, que en condiciones de ocupación media, los consumos estimados de agua fueron

9.267 y 27.889 litros diarios de agua caliente y fría, respectivamente, una vez descontado el efecto de la fuga de agua fría (41.875-13.986). En verano se produce una disminución del consumo de agua caliente de 1.560 litros diarios y un aumento del de agua fría de unos 3.005 litros, siendo ambos efectos significativos. En otoño tan sólo se aprecia una disminución significativa del consumo medio de agua fría, cifrado en 2.689 litros diarios. Finalmente, en invierno se observa un aumento significativo del consumo de agua caliente (542 litros diarios) y una disminución del consumo de agua fría (4.475 litros diarios).

Por último, cabe destacar que la bondad de ajuste de los modelos estimados es buena, siendo los coeficientes de correlación múltiple iguales a 0,7373, 0,8562 y 0,9076 para los consumos de agua caliente, fría y total, respectivamente.

4.4.2. Impacto de las reformas en el consumo de agua

Con el fin de evaluar el impacto global de las reformas sobre el consumo anual de agua, se comparan las predicciones de los consumos anuales de agua de un escenario de referencia sin avería y situado antes de las reformas, con dos escenarios que difieren de él en la existencia de una fuga de agua (escenario 1) y en situarse después de las reformas (escenario 2). En todos los casos se supone un número de personas alojadas igual a 112 (número medio de personas alojadas en el periodo considerado en el trabajo) y de personas que asisten a un banquete igual a 36 (número medio de personas asistentes a banquetes o similares si se incluyen los días en los que no hay eventos de este tipo).

Para todos los escenarios se realiza una predicción del consumo diario de agua caliente, agua fría y agua total utilizando las predicciones medias diarias (ver expresión A.9 en Apéndice) de los modelos estimados previamente. Los consumos anuales se obtienen agregando las predicciones diarias para todo el año. Así mismo, y con fines confirmatorios, la predicción del consumo total de agua también se realiza sumando las predicciones de agua fría y caliente obtenidas por separado. Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 4 (escenario 1 vs escenario de referencia) y 5 (escenario 2 vs escenario de referencia). En dichas tablas se muestran las predicciones obtenidas para cada estación del año y la predicción total anual. Finalmente se muestra, en términos porcentuales, el incremento acaecido en cada escenario (1 y 2) en el consumo de agua con respecto al consumo de agua en el escenario de referencia.

(Insertar Tablas 4 y 5)

Analizando los resultados de la Tabla 4, se observa que el impacto de la avería ha sido incrementar el consumo total de agua en torno a un 31,27%, merced al incremento del consumo de agua fría que se cifra en un 51,93%, no existiendo impacto alguno en el agua caliente dado que la avería sólo afectó al agua fría.

Por su parte, en la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos al analizar el impacto ejercido por las reformas en el consumo de agua. Se observa que la realización de las reformas ha supuesto una disminución del consumo de agua de alrededor de un 21,54%, siendo su impacto más importante en la reducción del consumo de agua caliente (disminución de un 33,19%) que en el consumo de agua fría (disminución de un 17,63%).

5. Análisis financiero y económico

El objetivo de esta sección es estimar y analizar la rentabilidad financiera y económica de las reformas llevadas a cabo por el hotel para reducir el consumo de agua. Se inicia con la

presentación de los pormenores del proceso de cálculo de los costes y beneficios de las reformas, y posteriormente se presentan los resultados obtenidos en los análisis financiero y económico. Mientras que el análisis financiero analiza la rentabilidad obtenida por la empresa que ha acometido las reformas, el análisis económico refleja el beneficio obtenido por la sociedad en su conjunto.

5.1. El método de cálculo de los costes y beneficios de las reformas

El punto de partida del análisis financiero y económico es la identificación y cuantificación de los costes y beneficios –privados, en el análisis financiero, y sociales, en el análisis económico– derivados de las reformas, siguiendo las pautas habituales del análisis de proyectos de inversión (las pautas propias del Análisis Coste-Beneficio en el caso del análisis económico). El periodo temporal que se ha considerado relevante para el análisis es de 12 años (2009-2020), ya que se corresponde con la vida útil atribuida por los técnicos a los nuevos equipamientos o dispositivos instalados, que es el criterio generalmente recomendado (*European Commission*, 2008; Pearce *et al.*, 2006).

Las reformas o proyecto de inversión llevado a cabo en el hotel, como ya se ha especificado en la sección tercera, han consistido en la instalación de una serie de dispositivos ahorradores de agua en las habitaciones, zonas comunes y cocina, especialmente en la grifería. Según los técnicos que dirigieron la reforma, la grifería preexistente había llegado al final de su vida útil por razones de obsolescencia y debía ser reemplazada. Ello implica que la situación sin proyecto sería la instalación de una grifería equivalente a la preexistente, sin dispositivos ahorradores de agua, mientras que la situación con proyecto es la instalación de una grifería de características equivalentes pero con dispositivos ahorradores. Un caso más general se correspondería con la situación en la que la grifería no hubiese llegado al final de su vida útil y se decidiese introducir en la misma los dispositivos ahorradores de agua (suponiendo que fuesen compatibles).

Para el cálculo de los costes del proyecto se van a contemplar en este trabajo tanto el caso real del hotel (al que se denominará caso particular) como el caso general que acaba de exponerse. En el caso particular solo se computará el diferencial de costes entre la grifería con y sin dispositivos ahorradores⁴, no incluyéndose el coste de la mano de obra para su instalación, puesto que los dispositivos ya están incorporados a la nueva grifería que se instala. En el caso general se computará el coste íntegro de los dispositivos ahorradores y el coste de la mano de obra para su instalación en la grifería preexistente. En ambos casos, la ejecución de la reforma es compatible con el mantenimiento de la actividad del hotel, acometiéndola por fases y eligiendo los periodos de menor nivel de ocupación, por lo que no se computan costes por cese o reducción de actividad.

Los costes del proyecto en el análisis económico se calculan netos de impuestos, ya que éstos no constituyen un coste neto para la sociedad sino una mera transferencia de renta entre distintos agentes integrantes de la misma (*European Commission*, 2008; Ginés de Rus, 2008). Esto implica excluir el IVA del coste de los materiales y las Cotizaciones Sociales y el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF), del coste de la mano de obra⁵. Además, al coste

⁴ Los precios unitarios de los dispositivos ahorradores de los lavabos y bidés corresponden a la diferencia entre el precio de mercado de un cartucho ecológico y un cartucho tradicional, más la diferencia entre el precio de un aireador con limitador de caudal y un aireador tradicional. En el caso de las duchas, corresponden a la diferencia entre el precio de una grifería con disco limitador de caudal y otra sin él.

⁵ El tipo impositivo que se ha considerado para el IVA es el general vigente en el año 2009 (el 16%). La presión fiscal media que se ha aplicado a las rentas del trabajo es del 49,55%, correspondiendo un 13,30%

de la mano de obra se le ha aplicado un factor de corrección para compensar la existencia de distorsiones salariales debidas a imperfecciones del mercado laboral y a desequilibrios macroeconómicos, tal y como revela la elevada y persistente tasa de desempleo o el dualismo y segmentación de las condiciones laborales (Del Bo et al., 2009; Gines de Rus, 2008; *European Commission*, 2008)⁶.

Los beneficios derivados del proyecto provienen de la reducción de los costes soportados por el hotel como consecuencia del menor consumo de agua, de energía eléctrica para bombear el agua -al objeto de que su presión en todo el hotel sea la adecuada- y de gas natural para la producción de ACS tras la instalación de los dispositivos ahorradores de agua⁷. Además, en el análisis económico se consideran los beneficios para la sociedad derivados de la disminución en la emisión de contaminantes ocasionada por ese menor consumo de electricidad y gas natural⁸, ya que constituyen externalidades positivas del proyecto (Brown y Jackson, 1978; Brent, 2006; Pearce et al., 2006; *European Commission*, 2008).

A diferencia de lo que ocurre con el coste de la inversión, los beneficios derivados del proyecto se ven afectados por la incertidumbre, pues no se conoce con exactitud el nivel de actividad futuro del hotel que determina el consumo de agua, ni la evolución de los precios del agua, electricidad y gas, ni el valor del coste social del CO₂. Por tanto, se han tomado estas variables como aleatorias para realizar un análisis de riesgo que permita obtener los resultados en forma de distribución de probabilidad (*European Commission*, 2008; Gines de Rus, 2008).

En cuanto al consumo futuro de agua, éste dependerá del nivel de actividad del hotel, principalmente en alojamiento y restauración. Para simplificar la previsión, se ha supuesto que el consumo de agua en ausencia de reforma se ajustaría a su comportamiento histórico según los datos disponibles para los años 2006-2011, una vez corregido el efecto de la avería y la reforma. Para incorporar el riesgo a su cálculo, se han realizado mil simulaciones para cada año de vida del proyecto (exceptuando los años en que se dispone de datos ciertos: 2009 y 2010), tomando el consumo de agua como una variable aleatoria que, en el caso del agua fría, sigue una distribución normal de media 9.252,64 m³/anuales y desviación estándar 1.173,22 m³/anuales y, en el caso del agua caliente, de media 3.840,99 m³/anuales y desviación estándar 901,06

al IRPF, un 29,90% a las cotizaciones a la Seguridad Social por parte del empleador y un 6,35% a las cotizaciones a la Seguridad Social por parte del empleado. El dato relativo al IRPF proviene de las estadísticas oficiales de la OCDE para 2009 (http://www.oecd-ilibrary.org/taxation/income-tax-and-social-security-contributions-2010_20758510-2010-table1), en tanto que los datos relativos a las cotizaciones a la Seguridad Social provienen de la normativa vigente en 2009.

⁶ El valor de ese factor de corrección ha sido de 0,952971, según la propuesta que se deriva de los cálculos de Del Bo et al. (2009).

⁷ El ahorro de agua lleva asociado un ahorro de energía eléctrica de 0,3 Kwh/m³ por el bombeo y un ahorro de gas natural de 72 Kwh/m³ por la producción de ACS, según los estándares estimados por los técnicos responsables de la reforma del hotel.

⁸ Un Kwh de energía eléctrica emite 0,166 Kg de CO₂, 0,000217 Kg de NO_x y 0,000254 Kg de SO₂, según WWF España en su "Observatorio de la Electricidad" para 2010 (www.wwf.es). Aunque estas emisiones se han ido reduciendo de modo continuado desde 2006 –primer año para el que se dispone de información-, debido al creciente peso de las energías renovables en el *mix* español de generación, es poco probable que lo sigan haciendo en los próximos años debido a los cambios legislativos habidos en el sector. Por ello, los valores de 2010 se aplican a toda la vida útil del proyecto, excepto a 2009, en el que se aplican los valores estimados para dicho año por WWF España: 0,232 Kg de CO₂, 0,000312 Kg de NO_x y 0,000381 Kg de SO₂. Por otra parte, un Nm³ de gas natural (un m³ de gas en condiciones normales de presión), que equivale a 10,65 Kwh, produce 2,15 Kg de CO₂, según la "Guía para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)" de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic (www.gencat.cat).

m³/anuales. El consumo de agua tras la reforma se ha obtenido aplicando al resultado de las simulaciones el porcentaje de reducción del consumo de agua caliente y fría que ha ocasionado la reforma según las estimaciones efectuadas en la sección anterior.

Los precios aplicados para calcular los costes del agua, energía eléctrica, gas y CO₂ se exponen en la Tabla 6, con impuestos, para el análisis financiero, y netos de impuestos, para el análisis económico⁹. El precio del agua es el correspondiente al último tramo de la tarifa aplicada en 2010 en la ciudad de Zaragoza para el cálculo de la cuota variable por el servicio de abastecimiento y saneamiento de agua¹⁰. Los precios de la energía eléctrica y del gas natural corresponden al coste variable medio soportado por el Hotel Reino de Aragón en el año 2010. Las emisiones de CO₂ se han valorado según el precio que se obtiene de las subastas de derechos de emisión en 2010, según SENDECO2, como una aproximación a su coste social.

(Insertar Tabla 6)

Para los cálculos de 2009 y 2010 se utilizan los precios vigentes en dichos años¹¹, mientras que para los siguientes años de vigencia del proyecto los precios se obtienen aplicando a los de 2010 la tasa real de incremento interanual obtenida del comportamiento observado en los años 1999-2010¹². Para incorporar el riesgo en el cálculo de las tasas, se han realizado mil simulaciones para cada uno de los años que hay que predecir, tomando el incremento de precios del agua, electricidad, gas y CO₂ como variables aleatorias que siguen una distribución normal con la media y desviación estándar que se muestran en la Tabla 6.

Además, se han valorado las emisiones de SO₂ en 6,6 €/tonelada¹³, según el cálculo hecho para la Comisión Europea de su coste marginal externo en zonas urbanas de en torno a 500.000 habitantes (Holland y Watkiss, 2002). Las emisiones de NO_x se han transformado en emisiones equivalentes de CO₂, según los criterios establecidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático¹⁴, y el resultado se ha sumado a las emisiones de CO₂ previamente estimadas.

⁹ En el análisis económico se ha descontado el IVA de las tarifas de agua, energía eléctrica y gas natural, y el Impuesto sobre la Electricidad de la tarifa de la energía eléctrica.

¹⁰ Ordenanza Fiscal 24/25: “Tasa por la prestación de servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento de aguas residuales” (www.zaragoza.es/ciudad/normativa/ordenanzas.htm).

¹¹ Los precios de 2009 se han obtenido siguiendo los mismos criterios expuestos para 2010 y, posteriormente, se han actualizado mediante el Índice de Precios de Consumo (IPC) de España elaborado por el INE (www.ine.es).

¹² Los datos históricos de las tarifas de agua provienen, como en 2010, de las ordenanzas fiscales de la ciudad de Zaragoza. Los datos referentes al precio de la electricidad (Electricity prices for industrial consumers, Spain) y el gas (Gas prices for industrial consumers, Spain) se han obtenido de Eurostat, “Statistic Database” (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>). El precio del CO₂ se ha obtenido de las subastas de SENDECO2, la Bolsa Europea de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono y Créditos de Carbono (www.sendeco2.com), que opera como mercado secundario de referencia en España, del que se dispone de datos desde 2008. Todos los precios se han deflactado aplicando el IPC de España elaborado por el INE.

¹³ La valoración del SO₂ en euros 2010 se ha obtenido a partir de la calculada para 2000 por Holland y Watkiss (2002), actualizándola mediante el IPC de España.

¹⁴ Un Kg de NO_x equivale a 296 Kg de CO₂, según el Intergovernmental Panel on Climate Change, “Climate Change 2007: the Fourth Assessment Report (AR4)” (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf). Por tanto, tras la toma en consideración del NO_x, se obtiene que un Kwh de energía eléctrica produce 0,230 Kg de CO₂ equivalente.

Una vez identificados y cuantificados los costes y beneficios puede procederse a calcular la distribución de probabilidad del Valor Actual Neto (VAN)¹⁵ y, por tanto, el VAN medio y su desviación estándar, teniendo en cuenta, como ya se ha señalado, que la vida útil del proyecto es de 12 años y que comienzan a obtenerse beneficios desde el primer año. Para homogeneizar los valores de los flujos anuales y proceder a su agregación, se adopta un tipo de descuento del 5% para el análisis financiero y una tasa de descuento social del 3,5 % para el análisis económico, siguiendo la recomendación de la Comisión Europea para los países no receptores de los Fondos de Cohesión (*European Commission, 2008*), ya que España dejó de recibir este tipo de fondos a mediados del año 2010. Sin embargo, dado que estas tasas son meras recomendaciones, se ha realizado un análisis de sensibilidad para observar la variación del VAN ante variaciones de la tasa de descuento (*European Commission, 2008; Gines de Rus, 2008*).

5.2. Resultados

5.2.1. La rentabilidad financiera

En esta subsección se presentan los resultados del análisis financiero, el cual permite conocer el beneficio neto y la rentabilidad obtenida por la empresa propietaria del hotel como consecuencia de la instalación de dispositivos ahorradores de agua. Como se desprende de lo expuesto hasta ahora, estos resultados están expresados en euros de 2010.

Los costes que la ejecución de este proyecto ha acarreado a la empresa se recogen en la Tabla 7, teniendo en cuenta los dos casos considerados: el caso particular y el caso general. El coste total del proyecto en el caso particular asciende a 2.056,86 € lo que supone un coste anual equivalente (CAE)¹⁶ de 232,07 € anuales a lo largo de su vida útil. En el caso general, el coste total del proyecto asciende a 10.987,45 € con un CAE de 1.239,66 € anuales. Se comprueba, por tanto, que al incluir la mano de obra, los costes se incrementan en un 534,18%.

(Insertar tabla 7)

Los beneficios derivados del proyecto provienen de la reducción de los costes soportados por la empresa propietaria del hotel como consecuencia del ahorro de agua, energía eléctrica para el bombeo de agua y gas natural para la producción de ACS, tras la instalación de los dispositivos ahorradores de agua y pueden verse en la Tabla 8. Se han obtenido multiplicando las unidades físicas de agua, electricidad y gas ahorradas cada año por su precio unitario con impuestos incluidos. Se comprueba que la reforma provoca una reducción media anual de los costes por consumo de agua, electricidad y gas de 9.692,18 €, 83,29 € y 6.506,93 € respectivamente, lo que supone una reducción total media anual de 16.282,39 € y una reducción anual equivalente de 16.793,25 €. Las desviaciones estándar obtenidas indican que aun concurriendo las circunstancias más desfavorables, según la experiencia reciente, las reducciones de costes

¹⁵ $VAN = (B_0 - C_0) + B_1 / (1+r) + \dots + B_t / (1+r)^t + \dots + B_{11} / (1+r)^{11}$ donde C_0 es el coste del proyecto en el año inicial (coste de la inversión), B_t es el beneficio proporcionado por el proyecto en cada uno de los $t = 0, 1, \dots, 11$ años de vida útil de la inversión, $1 / (1+r)^t$ es el factor de descuento, r es el tipo o tasa de descuento y t el periodo de tiempo en el que se obtienen los beneficios.

¹⁶ El coste anual equivalente es el importe del pago anual constante a lo largo del tiempo de vigencia de la inversión que permitiría financiar el valor actual de los costes (VA_0) y los intereses correspondientes: $CAE = VA_0 / \{ [1 - (1+i)^{-n}] / i \}$. En el caso objeto de análisis, el tiempo de vigencia de la inversión es $n = 12$ y el valor asignado al tipo de interés i ha sido el mismo de la tasa de descuento r utilizada para el cálculo del VAN del proyecto.

seguirían siendo positivas y de cuantía elevada, mostrándose como más vulnerable la reducción por el consumo de gas.

(Insertar Tabla 8)

Los valores medios del VAN del proyecto, su tasa de rentabilidad y su beneficio neto anual equivalente (BNAE)¹⁷, junto a los valores de su desviación estándar, se presenta en la Tabla 9. En el caso particular del hotel se obtiene un beneficio neto medio de 144.424,67 € lo que implica una tasa media de rentabilidad de la inversión del 7.021,61% y un BNAE medio de 16.294,77 €. Para el caso general, se obtiene un VAN medio de 135.494,08 € una tasa media de rentabilidad del 1.233,17% y un BNAE medio de 15.287,17 €. De nuevo, como es lógico, las desviaciones estándar obtenidas muestran que aun concurrendo las circunstancias más desfavorables que cabría esperar el beneficio neto y la rentabilidad del proyecto seguirían siendo positivos y de cuantía elevada. Lo que se ve corroborado por la distribución de probabilidad del VAN que se representa en las Figuras 4 y 5.

(Insertar Tabla 9 y Figuras 4 y 5)

El análisis de sensibilidad (véase Tabla 10) muestra que un aumento de la tasa de descuento de un 1% reduce el VAN en un 4,35 % de media en el caso particular y un 4,62 % de media en el caso general. Por tanto, es evidente que la rentabilidad del proyecto no se ve comprometida por la alteración, dentro de unos márgenes razonables, de la tasa de descuento.

(Insertar Tabla 10)

5.2.2. La rentabilidad económica

En esta subsección se presentan los resultados del análisis económico, el cual permite cuantificar el beneficio neto que el proyecto reporta a la sociedad en su conjunto y, por tanto, comprobar si es o no deseable su ejecución desde la perspectiva social. Estos resultados están expresados en euros de 2010.

Al igual que para el análisis financiero, los costes del proyecto se recogen en la Tabla 7, tanto para el caso particular como para el caso general. El coste total del proyecto en el caso particular asciende a 1.736,75 € lo que supone un CAE de 179,73 € al año a lo largo de su vida útil. En el caso general, el coste total del proyecto asciende a 8.007,34 € con un CAE de 828,63 €. Se comprueba, por tanto, que al incluir la mano de obra, los costes se incrementan en un 461,05 %.

Los beneficios obtenidos se muestran en la Tabla 8, donde se observa una reducción de costes (en media anual) de 8.974,24 €, 67,65 €, 5.603,21 € y 271,88 € como consecuencia del ahorro de agua, energía eléctrica y gas y de la reducción de la emisión de contaminantes respectivamente. Ello supone un ahorro total medio anual de 14.914,06 € y una reducción anual equivalente de costes de 15.374,83 €. De modo similar a lo visto para el análisis financiero, las desviaciones estándar obtenidas muestran que la probabilidad de que las reducciones de costes sean positivas y de cuantía elevada es muy elevada.

En la Tabla 9 se presentan los valores medios del VAN del proyecto, su tasa de rentabilidad y su BNAE, junto a los valores de su desviación estándar. En el caso particular se obtiene un VAN

¹⁷ El beneficio anual equivalente (BAE) es el rendimiento anual constante que se obtendría durante toda la vida útil de la inversión realizada, equivalente al valor actual de los beneficios obtenidos gracias a tal inversión. La fórmula para su cálculo es idéntica a la del CAE, sustituyendo en VA_0 costes por beneficios.

medio de 144.015,40 € lo que implica una tasa media de rentabilidad de la inversión del 8.292,24 % y un BNAE medio de 14.903,28 €. Para el caso general, el VAN medio es de 137.744,81 €, la tasa media de rentabilidad de la inversión del 1.720,23 % y el BNAE medio de 14.254,38 €. Las desviaciones estándar y los histogramas de las Figuras 6 y 7 indican de nuevo que aun concurriendo las circunstancias más desfavorables el beneficio neto y la rentabilidad del proyecto seguirían siendo positivos y de cuantía elevada.

(Insertar Figuras 6 y7)

La realización del análisis de sensibilidad que se detalla en la Tabla 10 refleja que un aumento de la tasa de descuento de un 1% reduce el VAN en un 4,33 % de media en el caso particular y un 4,53 % de media en el caso general. Por tanto, la conveniencia social del proyecto tampoco se ve comprometida por la alteración de la tasa de descuento.

6. Conclusiones

El objetivo general de este trabajo ha sido analizar el consumo de agua en los establecimientos hoteleros, las posibilidades de reducción de ese consumo y las rentabilidades financiera y económica de las actuaciones dirigidas a este fin. A estos efectos, se ha evaluado el caso de un hotel de la ciudad de Zaragoza (España) que ha reformado sus equipamientos consumidores de agua para introducir tecnologías ahorradoras.

La principal aportación del trabajo es la obtención de resultados en términos de rentabilidad financiera y económica, ya que la mayoría de estudios previos en esta materia únicamente analizan el consumo de agua y, en su caso, el impacto en el mismo de la instalación de dispositivos ahorradores. En el terreno metodológico destacan las soluciones dadas a las dificultades encontradas, por un lado, en la estimación del impacto de las reformas sobre el consumo de agua, a causa de la existencia de una avería durante el periodo de estudio, y por otro lado en el cálculo de los beneficios monetarios de las reformas, debido a la incertidumbre sobre los niveles futuros de la actividad del hotel y de los precios de los factores de coste asociados al consumo de agua. También es de destacar que los datos sobre consumo de agua con los que se ha trabajado tienen periodicidad diaria e informan por separado del agua fría y caliente.

Los resultados del análisis del caso muestran que la introducción de dispositivos ahorradores en la grifería de las habitaciones y zonas comunes del hotel, junto con la reforma de la grifería y tren de lavado de la cocina, han implicado una disminución del total de agua consumida de un 21,5% (un 17,6% en el agua fría y un 33,2% en el agua caliente). Tras dichas reformas, se estima que el consumo diario medio de agua por persona alojada ha pasado de 321 litros a 252 litros, de los cuales el 21,4% corresponde a agua caliente (ACS) y el resto, a agua fría.

De modo complementario, otros resultados del trabajo contribuyen a mejorar el estado del conocimiento sobre el uso del agua en el sector hotelero. Así, a partir de la monitorización efectuada en dos habitaciones, se ha comprobado que en ellas el consumo diario medio de agua por persona alojada es de 124,3 litros, lo cual implica que la mitad del consumo de agua del hotel (el 50,7%) se realiza en sus zonas comunes (recepción, cafetería, restaurante, cocina, salones, gimnasio, oficinas y *oficces*). Por otra parte, la modelización del consumo de agua muestra un importante volumen de consumo fijo, aunque sensible a las estaciones del año, que confirma la existencia de economías de escala en el consumo, en línea con lo que cabría esperar en este tipo de servicios.

En el ámbito del análisis financiero y económico, los resultados permiten comprobar que las reformas acometidas para reducir el consumo de agua son extraordinariamente rentables, tanto para el hotel como para la sociedad en su conjunto. Así, con una inversión cuyo coste asciende a 11.000 € en el caso más desfavorable (y no alcanza los 1.700 € en el caso más favorable) y cuya vida útil es de al menos 12 años, se obtiene un beneficio neto anual equivalente (BNAE) medio de en torno a los 16.000 €. En consecuencia, la tasa de rentabilidad de la inversión varía entre el 1.230% y el 8.290%, dependiendo fundamentalmente de que se computen o no los costes de la mano de obra para la instalación de los dispositivos ahorradores en la grifería.

Las diferencias entre los resultados del análisis financiero y los del análisis económico son muy reducidas y, además, cambian de signo según se atienda al caso particular o al caso general (según si se computa o no la mano de obra) y según cuál sea el indicador utilizado para expresar los resultados (el VAN, la tasa de rentabilidad o el BNAE). Frente a lo que cabría esperar, cuando en el análisis de sensibilidad se igualan las tasas de descuento aplicadas, los resultados financieros son siempre mejores que los económicos. Esto se explica, sobre todo, por el efecto de la exclusión de la carga tributaria en la valoración de los costes y beneficios en el análisis económico, pues tiene un mayor impacto en la reducción de los beneficios por ahorro de agua y energía que en la reducción de los costes de inversión, así como por la relativa poca importancia de los beneficios derivados del cómputo de las externalidades positivas (menores emisiones contaminantes).

Los resultados obtenidos ponen claramente de manifiesto la idoneidad, desde la perspectiva del bienestar social, de la instalación de dispositivos ahorradores de agua en los establecimientos hoteleros, ya que con unos reducidos costes de inversión y sin pérdida de confort para los alojados se consigue una importante reducción en el consumo de agua y energía. Constituyen una evidencia sólida de que este tipo de actuaciones hacen posible la disminución en la presión sobre el recurso agua y sobre el medio ambiente en sentido amplio, al tiempo que incrementan la rentabilidad financiera de las empresas hoteleras. Precisamente, la constatación de su elevada rentabilidad financiera permite concluir que las ayudas públicas no son necesarias para fomentar la instalación de dispositivos ahorradores en el sector hotelero, aunque sí parece requerirse del apoyo público para la difusión de sus ventajas entre las empresas del propio sector y de otros sectores relacionados con el alojamiento colectivo, como hospitales y escuelas. En todo caso, son resultados muy esperanzadores desde la perspectiva de la racionalización del uso del agua en un contexto de creciente escasez relativa del recurso.

Referencias:

Álvarez, M.J., J. de Burgos y J.J. Céspedes (2001): “An analysis of environmental management, organizational context and performance of Spanish hotels”, *Omega*, 29: 457-471.

Arbués, F. y R. Barberán (2012): “Tariffs for urban water services in Spain: Household size and equity”, *International Journal of Water Resources Development*, 28(1): 123-140.

Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (2009): *Tarifas de agua en España 2009. Precio de los servicios de abastecimiento y saneamiento*, Madrid: AEAS.

- Ayuso, S. (2006): “Adoption of voluntary environmental tools for sustainable tourism: Analysing the experience of Spanish hotels”, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 13: 207-220.
- Barbieri, M. y Berger, J.O. (2004): “Optimal predictive model selection“. *Annals of Statistics*, 32 (3): 870-897.
- Bohdanowicz, P. y I. Martinac (2007): “Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels—Case study of Hilton international and Scandic in Europe”, *Energy and Buildings*, 39(1): 82-95.
- Brent, R.J. (2006): *Applied Cost-Benefit Analysis*, Northampton: Edward Elgar Publishing.
- Brown, C.V. y P.M. Jackson (1990): *Public sector economics*, Cambridge: Basil Blackwell.
- Bujak, J. (2010): “Heat consumption for preparing domestic hot water in hospitals”, *Energy and Buildings*, 42(7): 1047-1055.
- Charara, N., A. Cashman, R. Bonnell y R. Gehr (2011): “Water use efficiency in the hotel sector of Barbados”, *Journal of Sustainable Tourism*, 19(2): 231-245.
- Cheng, C. (2003): “Evaluating water conservation measures for green building in Taiwan”, *Building and Environment*, 38(2): 369-379.
- Cheng, C. L. y Y.T. Hong (2004): “Evaluating water utilization in primary schools”, *Building and Environment*, 39(7): 837-845.
- Cobacho, R., F. Arregui, J.C. Parra, y E. Cabrera Jr. (2005): “Improving efficiency in water use and conservation in Spanish hotels”, *Water science and technology: water supply*, 5: 273-279.
- De Rus, G. (2008): *Análisis Coste-Beneficio*, Barcelona: Ariel.
- Del Bo, C.; M. Florio y C.V. Fiorio (2009): *Shadow wages for the EU regions*, Working Paper n. 2009-42, Università degli studi di Milano.
- Deng, S. (2003): “Energy and water uses and their performance explanatory indicators in hotels in Hong Kong”, *Energy and Buildings*, 35(8): 775-784.
- Deng, S. y J. Burnett (2002): “Water use in hotels in Hong Kong”, *Hospitality Management*, 21: 57-66.
- Deyà Tortella, B. y D. Tirado (2011): “Hotel water consumption at a seasonal mass tourist destination. The case of the Island of Mallorca”, *Journal of Environmental Management*, 92(10): 2568-2579.
- Environment Agency (2004): *Savewater: The hotels water efficiency project*, London: Environment Agency.
- European Commission (2008): *Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects*, Brussels: European Commission.
- Essex, S., M. Kent y R. Newnham (2004): “Tourism development in Mallorca: Is water supply a constraint?”, *Journal of Sustainable Tourism*, 12(1): 4-28.

- Gargallo, P.; J.A. Miguel; P. Olave y M. Salvador (2010): "Evaluating Value at Risk Using Selection Criteria of the Model and the information set", *Applied Financial Economics*, 20: 1415-1428.
- Hamele, H. y S. Eckardt (2006): *Environmental initiatives by European tourism businesses. Instruments, indicators and practical examples. A contribution to the development of sustainable tourism in Europe*. ECOTRANS, IER. Saarbrücken, Germany.
- Han, H., L.T. Hsu y J.S. Lee (2009): "Empirical investigation of the roles of attitudes toward green behaviors, overall image, gender, and age in hotel costumers' eco-friendly decision-making process", *International Journal of Hospitality Management*, 28: 519-528.
- Holland, M. R. y P. Watkiss (2002): *Benefits Table database: Estimates of the marginal external costs of air pollution in Europe*, BeTa Version E1.02a, <http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/air/betaec02aforprinting.pdf>
- Holland, P. W. y R. E. Welsch (1977): "Robust Regression Using Iteratively Reweighted Least-Squares", *Communications in Statistics: Theory and Methods*, 6(9): 813-827.
- Huber, P. J. (1981): *Robust Statistics*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Issa, M. H., M. Attalla, J.H. Rankin y A.J. Christian (2009): "Detailed analysis of electricity, water, and gas consumption quantities and costs in Toronto's public schools", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(1): 25-36.
- Kats, G. (2006): *Greening America's schools cost and benefits*. Washington D.C.: Capital E.
- Little, V. L. (2006): *Evaluation and cost benefit analysis of municipal water conservation programs (Ecoba)*. Tucson (Arizona): Water Conservation Alliance of Southern Arizona.
- Meade, B. y P. González-Morel (1999): *Improving water use efficiency in Jamaican hotels and resorts through the implementation of environmental management systems*, <http://www.linkbc.ca/torc/downs1/jaimaca%20water.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente (2007): *El agua en la economía española: Situación y perspectivas*, Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Muñoz, L.; P. Olave y M. Salvador (2004): "Joint Selection of the Model and the Information Set in Heteroscedastic Dynamic Models", *Communications in Statistics: Theory and Methods*, 33: 2659-2682.
- Oduro-Kwarteng, S., K.B. Nyarko, S.N. Odai y P. Aboagye-Sarfo (2009): "Water conservation potential in educational institutions in developing countries: Case study of a university campus in Ghana", *Urban Water Journal*, 6(6): 449-455.
- OECD (2010): *Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services*, Paris: OECD Publishing.
- Oliver, N. N. y D.G. Brümmer (2007): "Factors influencing water consumption in South African schools", *Journal of Engineering, Design and Technology*, 5(1): 81-94.

Pearce, D., G. Atkinson y S. Mourato (2006): *Cost-Benefit Analysis and the environment*, Paris: OECD Publishing.

Rankin, R., y P.G. Rousseau (2006): “Sanitary hot water consumption patterns in commercial and industrial sectors in South Africa: Impact on heating system design”, *Energy Conversion and Management*, 47(6): 687-701.

Rico-Amorós, A. M., J. Olcina-Cantós y D. Sauri (2009): “Tourist land use patterns and water demand: Evidence from the western Mediterranean”, *Land Use Policy*, 26(2): 493-501.

Street, J. O., R. J. Carroll y D. Ruppert (1988): “A Note on Computing Robust Regression Estimates via Iteratively Reweighted Least Squares”, *The American Statistician*, 42: 152–154.

Sustainable Endowments Institute (2011): *Greening the bottom line: The trend toward green revolving funds on campus*, Cambridge: Sustainable Endowments Institute.

Tarí, J. J., E. Claver-Cortés, J. Pereira-Moliner y J. F. Molina-Azorín (2010): “Levels of quality and environmental management in the hotel industry: Their joint influence on firm performance”, *International Journal of Hospitality Management*, 29(3): 500-510.

Zaragoza Convention Bureau (2009): *Zaragoza Turismo Informe Anual 2008*, <http://www.zaragoza.es/cont/paginas/turismo/pdf/datos08.pdf>

Zaragoza Convention Bureau (2011): *Zaragoza. Dossier 2011*, <http://www.zaragozaturismo.es>

A. Apéndice

La metodología estadística utilizada para la estimación de los impactos $\beta_{avería}$ y $\beta_{impacto}$ se ha basado en un procedimiento de selección de modelos de naturaleza bayesiana que permite cuantificar, de forma aproximada, la incertidumbre asociada a la estimación de la fecha de la avería, incorporándola a las inferencias realizadas. La clase de modelos considerados viene dada por:

$$\mathbf{M} = \{M_{t_{avería}, \mathbf{I}}; t_{avería} \in \{t_{avería,1}, \dots, t_{avería,A}\}, \mathbf{I} = (I_j; j \in V); I_j \in \{0,1\}\}$$

donde $t_{avería}$ denota el tiempo de inicio de la avería, $V = \{\text{verano, otoño, invierno, alojadas, banquetes, avería, reforma_habitaciones, reforma_cocina, alojadas_reforma_habitaciones, banquetes_reforma_cocinas}\}$ y el modelo $M_{t_{avería}, \mathbf{I}}$ viene dado por :

$$\begin{aligned} SY_i = & \beta_{cte} \sqrt{n_i} + \beta_{verano} I_{verano} SI_{verano,i} + \beta_{otoño} I_{otoño} SI_{otoño,i} + \beta_{invierno} I_{invierno} SI_{invierno,i} \\ & + \beta_{avería} I_{avería} SI_{t_{avería}:t_{fin_avería},i} \text{ (si } Y = C_{fria} \text{ ó } C_{total}) + \\ & + \beta_{alojadas} I_{alojadas} SA_{loj,i} + \beta_{banquetes} I_{banquetes} SB_{anq,i} + \\ & + I_{reforma_habitaciones} \beta_{reforma_habitaciones} I_{reforma_habitaciones} SI_{t_{reforma_habitaciones},i} + \\ & + I_{reforma_cocina} \beta_{reforma_cocina} I_{reforma_cocina} SI_{t_{reforma_cocina},i} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \beta_{\text{alojadas_reforma_habitaciones}} I_{\text{reforma_habitaciones}} SIAloj_{\text{reforma_habitaciones},i} + \\
& + \beta_{\text{banquetes_reforma_cocina}} I_{\text{reforma_cocina}} SIBanq_{\text{reforma_cocina},i} \\
& + v_i \quad i=1, \dots, n
\end{aligned} \tag{A.1}$$

siendo

$$n_i = t_i - t_{i-1}$$

$$SY_i = \frac{1}{\sqrt{n_i}} \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} Y_t$$

$$SI_{a,i} = \frac{1}{\sqrt{n_i}} \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} I_{a,t} \quad \text{para } a = \text{verano, otoño, invierno, } t_{\text{inicio_avería}}, t_{\text{fin_avería}}, t_{\text{reforma_habitaciones}},$$

$t_{\text{reforma_cocina}}$

$$SAloj_i = \frac{1}{\sqrt{n_i}} \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} (Aloj_t - \overline{Aloj})$$

$$SIAloj_{\text{reformas_habitaciones},i} = \frac{1}{\sqrt{n_i}} \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} I_{\text{reforma_habitaciones},t} (Aloj_t - \overline{Aloj})$$

$$SBanq_i = \frac{1}{\sqrt{n_i}} \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} (Banq_t - \overline{Banq})$$

$$SIBanq_{\text{reforma_cocina},i} = \frac{1}{\sqrt{n_i}} \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} I_{\text{impacto_reforma},t} (Banq_t - \overline{Banq})$$

$$v_i = \frac{1}{\sqrt{n_i}} \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} \varepsilon_t \sim N(0, \sigma)$$

Se trata, por tanto, de modelos adaptados a la información agregada disponible cada uno de los cuales corresponde a una combinación de valores de 10 indicadores binarios $\{I_j; j \in V\}$ que indican si la variable a la que hacen referencia deber ser incluida ($I_j = 1$) o excluida ($I_j = 0$).

Para un modelo $M \in \mathbf{M}$ la estimación de su vector de parámetros se llevó a cabo mediante métodos de regresión robusta y, más concretamente, el método de los mínimos cuadrados iterados (Holland y Welsch, 1977), método que es menos sensible que el de mínimos cuadrados ordinarios a la existencia de observaciones atípicas. Este método funciona mediante la asignación de pesos a cada observación de forma automática e iterativa. En la primera iteración, a cada observación se le asigna el mismo peso y se estiman los coeficientes del modelo por mínimos cuadrados ordinarios. En las siguientes iteraciones, los pesos se calculan de modo que

a las observaciones más alejadas de las predicciones del modelo en la iteración anterior se les da un menor peso. A continuación, los coeficientes del modelo son recalculados mediante mínimos cuadrados ponderados. El proceso continúa hasta que los valores de los coeficientes estimados convergen dentro de una tolerancia especificada. La estimación se realizó mediante el procedimiento *robustfit* de MATLAB R2009b, utilizando como pesos los de Welsch. Otras formas de ponderar las observaciones dieron, sin embargo, resultados muy similares a los aquí expuestos.

La incertidumbre asociada al proceso de selección del modelo se llevó a cabo aplicando una aproximación bayesiana, utilizando una distribución a priori uniforme para los modelos comparados y aproximando la probabilidad a posteriori de cada uno de ellos mediante la expresión asintóticamente equivalente (Gargallo *et al.*, 2010):

$$\pi(M | \text{Data}) \propto \left| \text{Cov}(\tilde{\beta}_M) \right|^{\frac{1}{2}} \prod_{i=1}^n \varphi \left(\tilde{\varepsilon}_{M,i}; 0; \frac{\tilde{\sigma}_M}{\sqrt{\tilde{w}_{M,i}}} \right) \quad (\text{A.2})$$

donde $\theta_M = (\beta'_M, \sigma_M)$ es el vector de parámetros del modelo M en el que β_M es el subsector del vector:

$$(\beta_{\text{cte}}, \beta_{\text{verano}}, \beta_{\text{otoño}}, \beta_{\text{invierno}}, \beta_{\text{avería}}, \beta_{\text{alojadas}}, \beta_{\text{banquetes}}, \beta_{\text{reforma_habitaciones}}, \beta_{\text{reforma_cocina}}, \beta_{\text{alojadas_reforma_habitaciones}}, \beta_{\text{banquetes_reforma_cocina}})$$

correspondiente a las covariables del modelo de regresión (A.1) incluidas en el modelo, $\tilde{\beta}_M$ y $\tilde{\sigma}_M$ son las estimaciones de β_M y σ_M , $\text{Cov}(\tilde{\beta}_M)$ es la matriz de varianzas y covarianzas de $\tilde{\beta}_M$ (ver Street y otros, 1988 para su cálculo), $\{\tilde{w}_{M,i}; i = 1, \dots, n\}$ son los pesos asignados por el método de los mínimos cuadrados ponderados iterados a cada una de las observaciones $\{SY_i; i=1, \dots, n\}$, $\varphi(\cdot; 0, \sigma)$ es la función de densidad de la distribución $N(0, \sigma)$ y $\{\tilde{\varepsilon}_{M,i}; i = 1, \dots, n\}$ son los residuos del modelo. La inclusión de los pesos $\{\tilde{w}_{M,i}; i = 1, \dots, n\}$ en la desviación típica del modelo se realiza con el fin de debilitar la influencia ejercida por las observaciones atípicas en el proceso de selección del mismo.

El proceso de selección del modelo se lleva a cabo sobre los valores de los indicadores $I_i \in \{0, 1\}$; $i \in V$ determinando el vector $\mathbf{I}_{\text{opt}} = (I_{\text{opt},i}; i \in V)$ que maximiza la probabilidad a posteriori

$$\pi(\mathbf{I} | \text{Data}) = \sum_{t_{\text{avería}}=t_{\text{avería},1}}^{t_{\text{avería},A}} \pi(M_{t_{\text{avería}}, \mathbf{I}} | \text{Data}) \quad (\text{A.3})$$

donde $\pi(M_{t_{\text{avería}}, \mathbf{I}} | \text{Data})$ se calcula de acuerdo a (A.2).

El modelo finalmente seleccionado es el de probabilidad mediana $\mathbf{M}_{\text{opt}} = \mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}$ donde $\mathbf{I}_{\text{opt}} =$

$(\mathbf{I}_{\text{opt},j}; j \in V)$ es tal que $\mathbf{I}_{\text{opt},j} = \begin{cases} 1 & \text{si } p_j \geq 0.5 \\ 0 & \text{si } p_j < 0.5 \end{cases}$ donde $p_j = \sum_{\mathbf{I} \in \mathbf{R}_j} \pi(\mathbf{I} | \text{Data})$ donde $\mathbf{R}_j = \{\mathbf{I} \in \{0,1\}^{|\mathbf{V}|} : \mathbf{I}_j =$

$= 1\}$ es la probabilidad de que la j -ésima variable independiente del modelo (1) sea seleccionada como variable explicativa del mismo.

Una vez determinada el vector \mathbf{I}_{opt} se estiman los parámetros del modelo. Así, la estimación del vector de coeficientes $\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}}$ se ha realizando utilizando la mixtura:

$$\begin{aligned} \pi(\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}} | \text{Data}) &= \\ &= \sum_{t_{\text{averia}}=t_{\text{averia},1}}^{t_{\text{averia},A}} \pi(\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}} | \text{Data}) \pi(\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}} | \text{Data}, \mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}) \\ &\approx \sum_{t_{\text{averia}}=t_{\text{averia},1}}^{t_{\text{averia},A}} \pi(\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}} | \text{Data}) \mathcal{N}(\tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}}, \text{Cov}(\tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}})) \end{aligned}$$

expresión en la que se ha utilizado la aproximación $\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}} | \text{Data} \approx \mathcal{N}(\tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}}, \text{Cov}(\tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}}))$ (ver, por ejemplo, Muñoz *et al*, 2004). Una estimación puntual de $\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}}$ vendrá dada por

$$\mathbf{E}(\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}} | \text{Data}) = \sum_{t_{\text{averia}}=t_{\text{averia},1}}^{t_{\text{averia},A}} \pi(\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}} | \text{Data}) \tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}} \quad (\text{A.4})$$

y la matriz de varianzas y covarianzas de la estimación vendrá dada por:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}} | \text{Data}) &= \sum_{t_{\text{averia}}=t_{\text{averia},1}}^{t_{\text{averia},A}} \pi(\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}} | \text{Data}) \text{Cov}(\tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}}) + \\ &\sum_{t_{\text{averia}}=t_{\text{averia},1}}^{t_{\text{averia},A}} \pi(\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}} | \text{Data}) (\tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}} - \mathbf{E}(\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}} | \text{Data})) (\tilde{\boldsymbol{\beta}}_{\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}}} - \mathbf{E}(\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{M}_{\text{opt}}} | \text{Data})) \end{aligned} \quad (\text{A.5})$$

La estimación del parámetro $\sigma_{\mathbf{M}_{\text{opt}}}$ se llevaría a cabo de una forma similar. Procediendo de esta manera se incorpora la incertidumbre asociada a la estimación del tiempo de inicio de la avería, t_{averia} . La estimación de t_{averia} , $t_{\text{averia},\text{opt}}$ se llevaría a cabo mediante la moda de su distribución a posteriori de forma que:

$$\pi(t_{\text{averia},\text{opt}} | \text{Data}) = \max_{t_{\text{averia}} \in \{t_{\text{averia},1}, \dots, t_{\text{averia},A}\}} \pi(\mathbf{M}_{t_{\text{averia}}, \mathbf{I}_{\text{opt}}} | \text{Data}) \quad (\text{A.6})$$

Finalmente, la predicción del consumo de agua Y^* en el escenario marcado por un valor \mathbf{X}^* del vector de las variables explicativas del modelo (A.1) se realiza a partir de la distribución predictiva:

$$f(Y^* | \text{Data}) = \sum_{M \in \mathbf{M}} f(Y^* | \mathbf{X}^*, M) \pi(M | \text{Data}) \quad (\text{A.7})$$

donde $\pi(M | \text{Data})$ viene dada por (A.2) y

$$f(Y^* | M) \approx \int f(Y^* | M, \mathbf{X}^*, \boldsymbol{\beta}_M, \tilde{\sigma}_M) \pi(\boldsymbol{\beta}_M | \text{Data}, \tilde{\sigma}_M) d\boldsymbol{\beta}_M \quad (\text{A.8})$$

siendo

$$Y^* | M, \mathbf{X}^*, \boldsymbol{\beta}_M, \tilde{\sigma}_M \sim N(\mathbf{X}^* \tilde{\boldsymbol{\beta}}_M, \tilde{\sigma}_M (1 + \mathbf{X}^* \text{Cov}(\tilde{\boldsymbol{\beta}}_M) \mathbf{X}^*))$$

la distribución predictiva que se deduce del modelo (A.1).

Utilizando la mixtura (A.7) es posible realizar predicciones puntuales de Y^* que tienen en cuenta la incertidumbre asociada al proceso de estimación y selección del modelo. Para ello se utilizaría la media a posteriori que viene dada por:

$$y_{\text{pred}}^* = E[Y^* | \text{Data}] = \sum_{M \in \mathbf{M}} (\mathbf{X}^* \tilde{\boldsymbol{\beta}}_M) \pi(M | \text{Data}) \quad (\text{A.9})$$

Así mismo, la incertidumbre asociada a dicha predicción se mediría mediante la desviación típica de dicha mixtura que viene dada por:

$$s_{\text{pred}}^* = \sqrt{\sum_{M \in \mathbf{M}} \left(\tilde{\sigma}_M^2 (1 + \mathbf{X}^* \text{Cov}(\tilde{\boldsymbol{\beta}}_M) \mathbf{X}^*) + (\mathbf{X}^* \tilde{\boldsymbol{\beta}}_M - y_{\text{pred}}^*)^2 \right) \pi(M | \text{Data})} \quad (\text{A.10})$$

TABLAS

Tabla 1. Oferta hotelera de Zaragoza

Categoría	Nº Hoteles	Nº Habitaciones	Nº Camas
★★★★★	4	920	1.781
★★★★	17	2.248	4.583
★★★	23	1.519	2.642
★★	10	545	1.170
★	3	159	304
Total	57	5.391	10.480

Fuente: Zaragoza Convention Bureau (2011).

Tabla 2: Matriz de correlaciones de las covariables
(pvalores que contrastan la significación de cada coeficiente por debajo de la diagonal)

	Desayunos, almuerzos, cenas	Banquetes, cocktails, coffee- breaks	Personas alojadas	Habitaciones compartidas	Habitaciones individual
Desayunos, almuerzos, cenas	1,0000	0,1059 ***	0,5066 ***	0,4701 ***	0,0178
Banquetes, cocktails, coffee-breaks	0,001	1,0000	0,1317 ***	0,2964 ***	-0,215 *** 5
Personas alojadas	0,000	0,0000	1,0000	0,6735 ***	0,3568 ***
Habitaciones compartidas	0,000	0,000	0,000	1,0000	-0,4502 ***
Habitaciones individual	0,0178	0,000	0,000	0,000	1,0000

* significativo al 10%

** significativo al 5%

*** significativo al 1%

Tabla 3: Estimación de los parámetros de los modelos

Variables Independientes	Variables Dependientes								
	Consumo Agua Caliente			Consumo Agua Fria			Consumo Total de Agua		
	Coefficiente*	Std	z = Coef/Std**	Coefficiente*	Std	z = Coef/Std**	Coefficiente*	Std	z = Coef/Std**
Constante	9.267,49	223,05	41,55 +++	41.857,35	525,77	79,61 +++	51.021,77	495,86	102,90 +++
Verano	-1.560,68	304,65	-5,12 +++	3.005,15	677,62	4,43 +++	1.214,32	637,41	1,91 +
Otoño	-25,30	285,57	-0,09	-2.689,44	678,63	-3,96 +++	-3.382,14	627,95	-5,39 +++
Invierno	542,49	299,72	1,81 +	-4.475,61	684,49	-6,54 +++	-3.953,47	655,15	-6,03 +++
Impacto Reforma Habitaciones	-2.767,12	368,58	-7,51 +++	-3.402,00	857,00	-3,97 +++	-5.749,73	806,55	-7,13 +++
Personas Alojadas	49,54	3,71	13,33 +++	80,86	6,67	12,12 +++	126,17	6,28	20,09 +++
Interacción Reforma Habitaciones y Personas Alojadas	-21,82	6,26	-3,49 +++						
Impacto Reforma Cocina	-232,39	399,70	-0,58	-1.345,23	887,61	-1,52	-2.402,13	835,66	-2,87 +++
Banquetes, Cocktails y Coffee-Breaks	5,03	2,41	2,08 ++	36,60	5,46	6,70 +++	36,25	5,13	7,06 +++
Impacto avería				-13.985,81	481,03	-29,07 +++	-11.818,17	453,39	-26,07 +++
Tiempo comienzo avería				07-En-08	(10-Sep-07, 15-En-08)		07-En-08	(01-En-08, 22-En-08)	
Sigma	3.980,72			8.975,56			8.443,11		
R²	0,7373			0,8562			0,9076		

* Valores de los coeficientes en litros/día

** + significativo al 90%; ++ significativo al 95%; +++ significativo al 99%

Tabla 4: Evaluación del impacto global de la avería sobre el consumo anual de agua (en litros)

Escenario de referencia Sin avería y antes de la reforma	Consumos medios				
	ndias	Agua caliente	Agua fría	Caliente + Fría	Total
Primavera	91	9.693	28.980	38.673	40.629
Verano	92	8.177	31.655	39.832	41.624
Otoño	91	9.458	25.668	35.126	36.481
Invierno	91	8.832	21.365	30.196	32.400
Total Anual (litros/año)	365	3.298.610	9.829.500	13.128.110	13.794.800

Escenario 1 Con avería y antes de la reforma	Consumos medios				
	ndias	Agua caliente	Agua fría	Caliente + Fría	Total
Primavera	91	9.693	42.966	52.658	52.447
Verano	92	8.177	45.641	53.818	53.442
Otoño	91	9.458	39.654	49.112	48.300
Invierno	91	8.832	35.351	44.182	44.218
Total Anual (litros/año)	365	3.298.610	14.934.300	18.232.910	18.108.500

Diferencia entre escenario 1 escenario de referencia Impacto global de la avería de agua					
	ndias	Agua caliente	Agua fría	Caliente + Fría	Total
Total Anual (litros/año)	365	0	5.104.800	5.104.800	4.313.700
% incremento consumo sobre escenario de referencia		0,00%	51,93%	38,88%	31,27%

Tabla 5: Evaluación del impacto global de la reforma sobre el consumo anual agua (en litros)

Escenario de referencia Sin avería y antes de la reforma	Consumos medios				
	ndias	Agua caliente	Agua fría	Caliente + Fría	Total
Primavera	91	9.693	28.980	38.673	40.629
Verano	92	8.177	31.655	39.832	41.624
Otoño	91	9.458	25.668	35.126	36.481
Invierno	91	8.832	21.365	30.196	32.400
Total Anual (litros/año)	365	3.298.610	9.829.500	13.128.110	13.794.800

Escenario 2 Sin avería y después de la reforma	Consumos medios				
	ndias	Agua caliente	Agua fría	Caliente + Fría	Total
Primavera	91	6.693	24.233	30.926	32.477
Verano	92	5.177	26.908	32.085	33.472
Otoño	91	6.459	20.921	27.379	28.330
Invierno	91	5.832	16.618	22.450	24.247
Total Anual (litros/año)	365	2.203.800	8.096.700	10.300.500	10.819.300

Diferencia entre escenario 2 y escenario de referencia Impacto global de la reforma					
	ndias	Agua caliente	Agua fría	Caliente + Fría	Total
Total Anual (litros/año)	365	-1.094.810	-1.732.800	-2.827.610	-2.975.500
% incremento consumo sobre escenario de referencia		-33,19%	-17,63%	-21,54%	-21,57%

Tabla 6. Precio de los factores de coste asociados al consumo de agua

	Precios 2010 (€)		Incremento real de precios (%)	
	Con impuestos:	Sin impuestos	Media histórica	Desviación típica
Agua (m³)	3,02292	2,799	3,23402	6,038703
Electricidad (Kwh)	0,0857884	0,0696296	2,950741	11,002342
Gas (Kwh)	0,043832	0,037786	8,597948	22,277033
CO₂ (Kg)		0,015	1,412333	0,064531

Tabla 7. Costes de la inversión ahorradora de agua (€de 2010)

	Análisis financiero		Análisis económico	
	Caso particular	Caso general	Caso particular	Caso general
Grifos lavabos (133 unidades)	719,20	4.815,20	620,00	3.514,40
Grifos bidés (117 unidades)	632,68	4.235,93	545,41	3.091,62
Duchas (121 unidades)	429,97	1.661,32	370,67	1.200,65
Duchas de prelavado (2 unidades)	103,00	103,00	69,47	69,47
Reforma del tren de lavado	172,01	172,01	131,20	131,20
Total Costes	2.056,86	10.987,45	1.736,75	8.007,34
CAE	232,07	1.239,66	179,73	828,63

Tabla 8. Beneficios de la inversión ahorradora de agua (€de 2010)

	Análisis financiero		Análisis económico	
	Media anual	Desviación estándar	Media anual	Desviación estándar
Costes asociados al consumo de agua antes de la reforma				
Consumo de agua	44.996,19	8.343,27	41.663,14	7.725,25
Consumo de electricidad para bombeo del agua	386,66	99,01	314,06	80,36
Consumo de gas para producción de ACS	19.605,08	11.392,08	16.882,23	9.877,64
Emisión de contaminantes por el consumo energético	-	-	823,92	167,43
<i>Costes totales</i>	<i>64.987,93</i>	<i>15.913,43</i>	<i>59.669,80</i>	<i>14.264,59</i>
Reducción de costes por la reforma				
Consumo de agua	9.692,18	1.797,14	8.974,24	1.664,02
Consumo de electricidad para bombeo del agua	83,29	21,33	67,65	17,31
Consumo de gas para producción de ACS	6.506,93	3.781,03	5.603,21	3.278,39
Emisión de contaminantes por el consumo energético	-	-	271,88	55,36
<i>Reducción total de costes</i>	<i>16.282,39</i>	<i>4.622,03</i>	<i>14.914,06</i>	<i>4.107,25</i>
<i>BAE o Reducción anual equivalente de costes</i>	<i>16.793,25</i>	<i>5.007,20</i>	<i>15.374,83</i>	<i>4.449,52</i>

Tabla 9. Beneficio neto y rentabilidad de la inversión ahorradora de agua

	Análisis financiero (*)		Análisis económico (*)	
	Caso particular	Caso general	Caso particular	Caso general
VAN (€de 2010)	144.424,67 (26.891,87)	135.494,08 (26.891,87)	144.015,40 (26.188,51)	137.744,81 (26.188,51)
Rentabilidad (%)	7.021,61 (1.307,42)	1.233,17 (244,75)	8.292,24 (1.507,90)	1.720,23 (327,06)
BNAE (€de 2010)	16.294,77 (3.034,09)	15.287,17 (3.034,09)	14.903,28 (2.710,09)	14.254,38 (2.710,09)

(*) El valor medio de cada variable se presenta sin paréntesis y la desviación estándar, entre paréntesis.

Tabla 10. Análisis de sensibilidad del beneficio neto en función de la tasa de descuento (€de 2010)

Tasa de descuento	Análisis financiero				Análisis económico			
	Caso particular		Caso general		Caso particular		Caso general	
	VAN	BNAE	VAN	BNAE	VAN	BNAE	VAN	BNAE
2%	171.253,22	16.193,63	162.262,72	15.343,50	157.069,14	14.852,39	150.747,24	14.254,60
3%	161.559,32	16.230,59	152.568,82	15.327,38	148.216,11	14.890,10	141.894,21	14.254,99
4%	157.016,26	16.248,66	148.025,76	15.318,29	144.066,71	14.908,59	137.744,81	14.254,38
4%	152.662,30	16.266,50	143.671,80	15.308,54	140.089,76	14.926,87	133.767,86	14.253,26
5%	144.484,58	16.301,53	135.494,08	15.287,17	132.619,39	14.962,84	126.297,49	14.249,57

FIGURAS

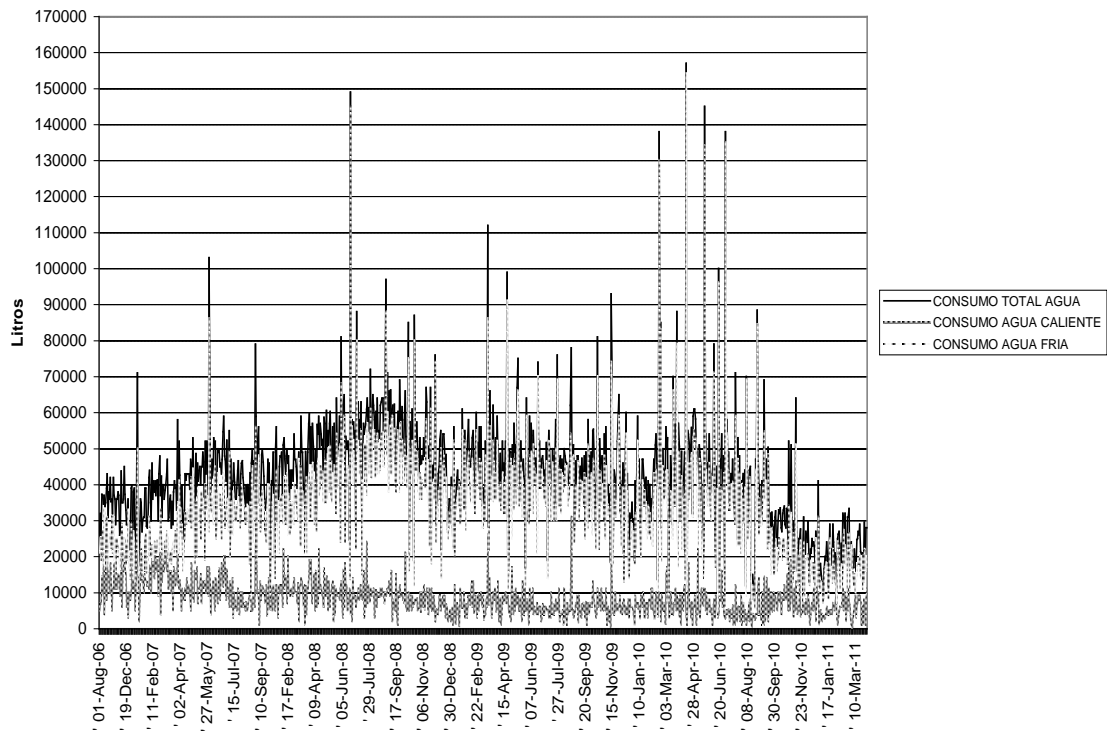


Figura 1: Evolución diaria del consumo medio diario total de agua, agua caliente y agua fría

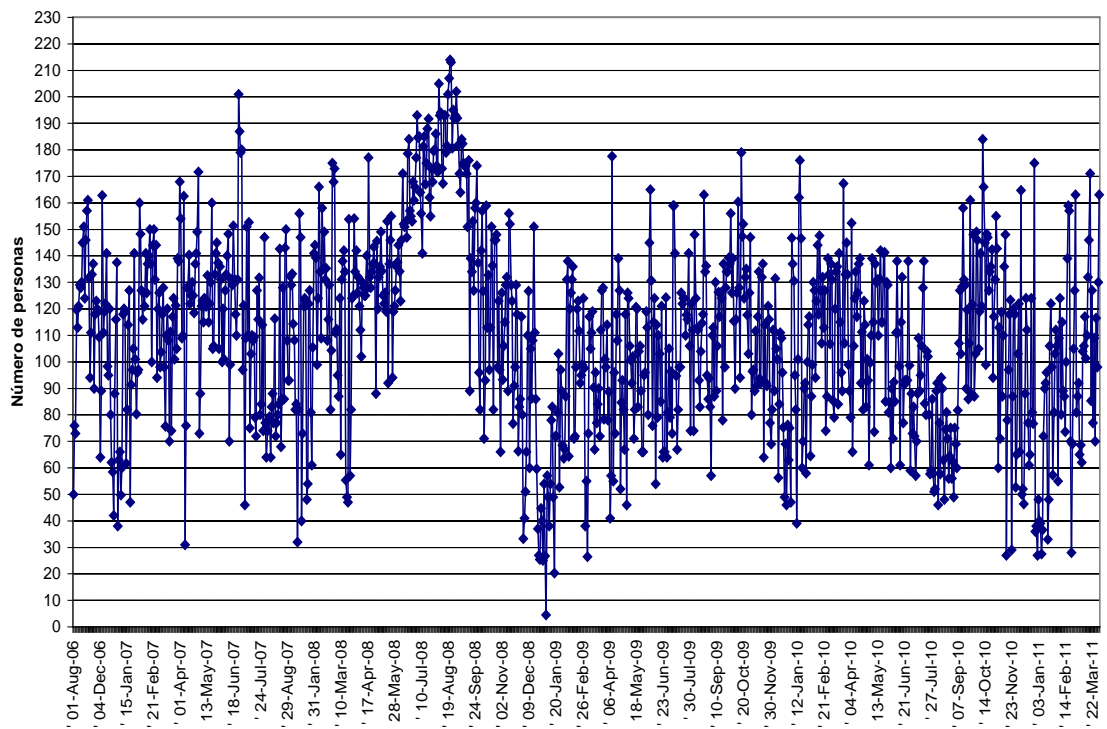


Figura 2: Evolución diaria del número medio de personas alojadas en el hotel

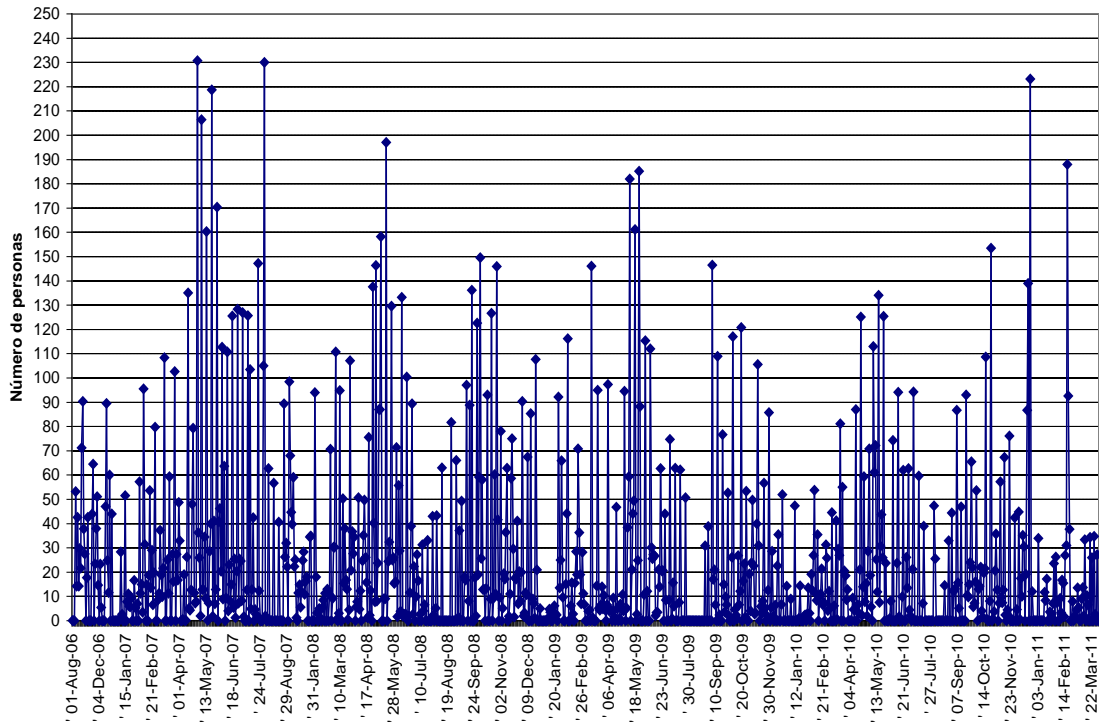


Figura 3: Evolución diaria del número medio de personas que asisten a un banquete

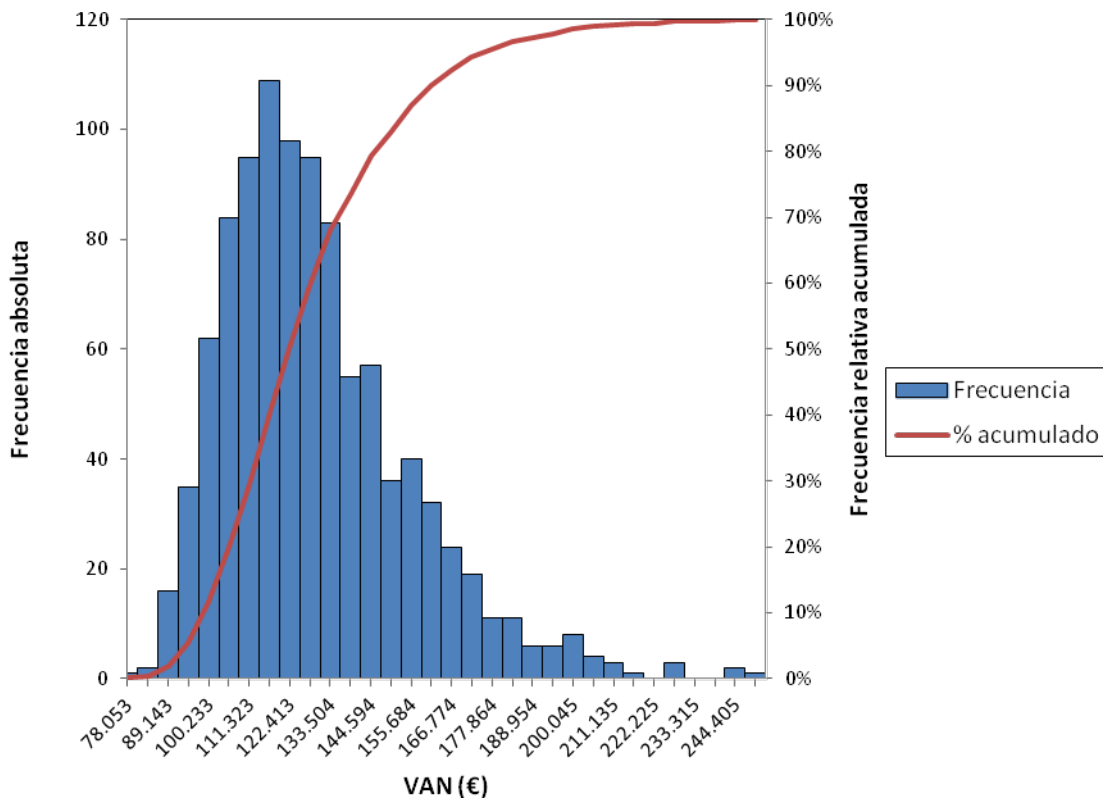


Figura 4: Función de distribución de la rentabilidad financiera del proyecto (Caso particular)

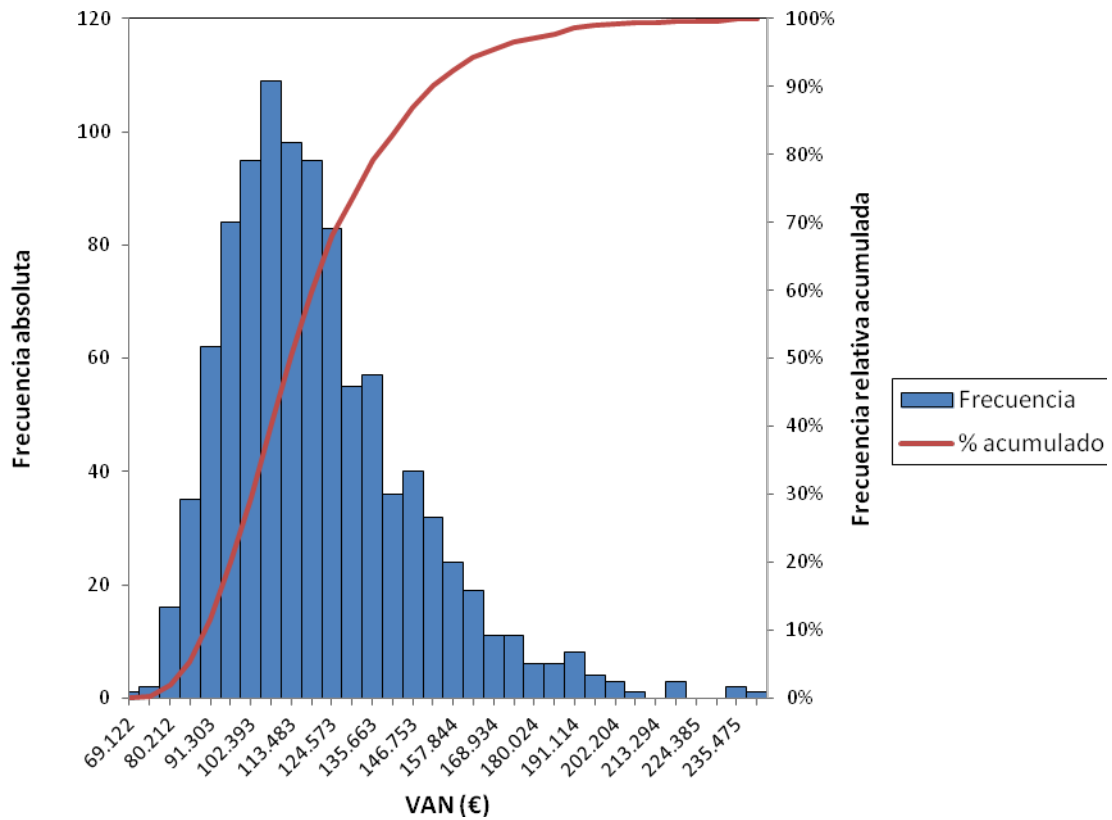


Figura 5: Función de distribución de la rentabilidad financiera del proyecto (Caso general)

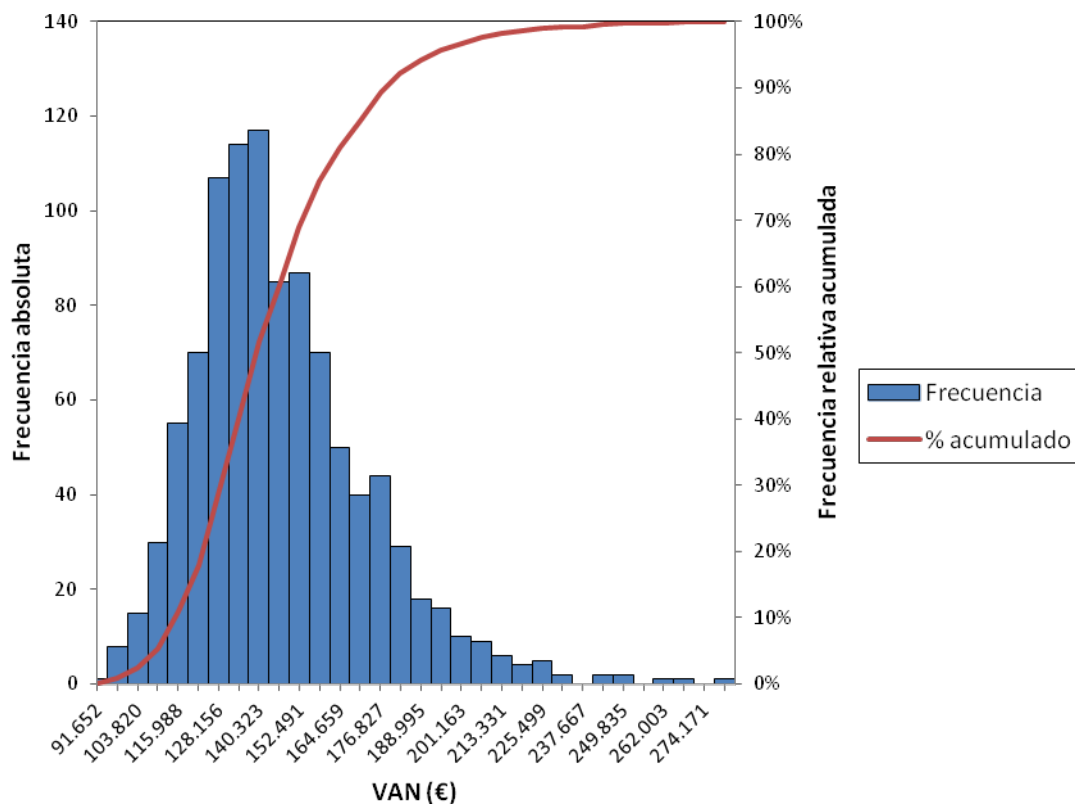


Figura 6: Función de distribución de la rentabilidad económica del proyecto (Caso particular)

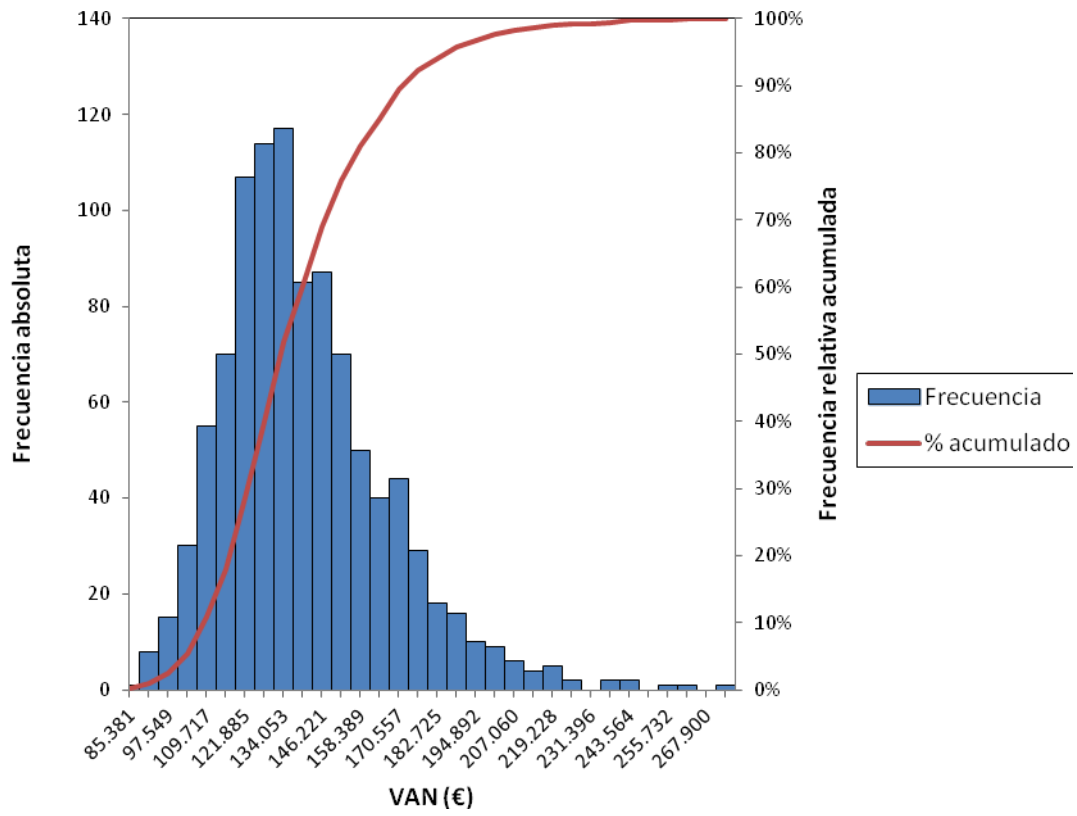


Figura 7: Función de distribución de la rentabilidad económica del proyecto (Caso general)