

# EL SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS COSTES. UNA PROPUESTA DE FINANCIACIÓN PARA EL SECTOR

*Antonio Terceño Gómez*  
*Universidad Rovira i Virgili*

*José Manuel Brotons Martínez*  
*José Antonio Trigueros Pina*  
*Universidad Miguel Hernández*

## RESUMEN

En los últimos años está adquiriendo una gran importancia los recursos hídricos no convencionales, en especial, la depuración y reutilización de aguas residuales. Su efectiva implantación requiere de un modelo de financiación que estimule el sector para conseguir efluentes de mejor calidad a menores precios. La generación de diferentes productos finales motiva la existencia de costes conjuntos, que son financiados en su totalidad, cuando una buena parte de ellos podría recuperarse mediante la venta de los fangos y electricidad. Nuestra propuesta trata de mejorar estos aspectos así como la inclusión de incentivos a la disminución de la contaminación de los efluentes.

**PALABRAS CLAVE:** Depuración, EDAR, Precio de mercado, Costes conjuntos, Beneficio industrial, Valor neto de realización.

## ABSTRACT

In the last years the not conventional water resources, especially, the wastewater and reuse are acquiring a great importance. Its effective establishment requires a financing model that stimulates the sector to obtain better quality effluents with smaller prices. The generation of final different products motivates the existence a joint-cost allocation problem, because the administration finances all of them, but some of them can be recovered by the sale of the sludge and electricity. Our proposal is about improving these aspects as well as the inclusion of incentives to the decrease the contamination of the effluents.

**KEY WORDS:** Wastewater, WWTP, Market price, Joint-cost, Industrial benefit, Net realizable value.

## 1. INTRODUCCIÓN

La financiación en España de los gastos de explotación de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) corresponde a las comunidades autónomas. Éstas han creado entidades de derecho público, dependientes de sus órganos de gobierno, para la gestión de la explotación de dichas instalaciones y la ejecución de las obras de saneamiento y de depuración que se le puedan encomendar por la administración autonómica, las entidades locales u otros organismos, y a las que las EDAR deben comunicar sus costes de explotación del periodo.

La normativa más desarrollada sobre la financiación de la gestión de estas instalaciones se encuentra en la Comunidad Valenciana. Para solicitar la financiación de los gastos de explotación se utilizan unos documentos denominados Modelos de Financiación (MF), que vienen regulados por la

Orden de 14 de abril de 1993 de la Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. La solicitud de financiación, que será formulada por el titular de la gestión del servicio de depuración de aguas residuales, deberá contener entre otros, el importe anual de los costes del servicio, la distribución mensual de este importe y el método de revisión aplicable.

Una vez estudiada la solicitud por la entidad de saneamiento y aceptada, en su caso, las cuantías de financiación aprobadas tendrán una vigencia de tres años consecutivos, siendo invariables por periodos de un año, contados entre los días 1 de enero y 31 de diciembre. La cuantía de la financiación podrá actualizarse anualmente, de oficio, o a instancia del beneficiario, de acuerdo con la formula de revisión aplicable a la financiación aprobada, produciendo efectos desde el uno de enero del año siguiente.

Es importante destacar la mención que el punto 1 del artículo 6 del Decreto 9/1993 da al carácter finalista de la financiación y establece que “no podrán ser dedicados a ningún otro concepto distinto de aquél”. Por ello, obliga a presentar una memoria justificativa de los gastos realizados y del destino que se haya dado a la totalidad de los ingresos recibidos por este concepto en el año anterior, para lo cual se deberán adjuntar los documentos justificativos pertinentes. En cualquier caso, las cantidades no justificadas o no gastadas deberán ser devueltas o destinadas a compensar los importes de futuras liquidaciones a favor del beneficiario.

De acuerdo con la citada orden, la relación de gastos financiables y su forma de agregación, puede resumirse en:

1. Se agregan los costes de energía eléctrica, personal, reactivos y otros costes (mantenimiento, evacuación de residuos y varios)
2. Se procede a su separación en fijos y variables. Para los primeros se calcula el coste diario, y para los segundos el coste por metro cúbico depurado.
3. La financiación correspondiente a cada periodo se obtendrá, para los costes fijos, multiplicando el coste medio diario por el número de días del periodo a financiar, y para los variables, el coste por metro cúbico por el volumen depurado.
4. A las cantidades así obtenidas, se les agregará el 19% en concepto de gastos generales y beneficio industrial.

El sistema actual adolece de importantes deficiencias, que podríamos agrupar en:

A) Deficiencias de gestión entre las que destacamos:

1. Muchos costes no son subvencionables ya que no están contemplados en dichos modelo.
2. Salvo en los casos particulares, donde la financiación se establece mediante acuerdos con las empresas que gestionan la explotación, no se incluye ningún coeficiente de calidad del efluente, lo que impide que las empresas tengan incentivos para mejorar sus efluentes, limitándose éstos a cumplir los mínimos requeridos por la normativa.
3. El aspecto más criticable desde el punto de vista financiero es el cálculo del beneficio industrial como un porcentaje de los costes totales. La administración financiará las cuantías aprobadas, y las cantidades no justificadas o no gastadas deberán ser devueltas, o destinadas a compensar los importes de futuras liquidaciones a favor del beneficiario. El beneficio industrial financiable es un 19% de los costes. De esta forma, un aumento de los mismos sobre las cuantías aprobadas no será subvencionable, y una reducción supondrá una merma en la financiación. Por este motivo, entendemos que no existen incentivos para la reducción de sus costes ni premio a la eficiencia de las empresas.

B) Deficiencias respecto a la correcta utilización de técnicas:

1. No se establecen criterios para la separación de los costes comunes de actividades financiables y no financiables.
2. No se considera la existencia de costes conjuntos de los distintos productos, lo que supone que se financian costes correspondientes a fangos y electricidad que se podrían recuperar con su venta.

En consecuencia, dada la importancia de la depuración de aguas residuales, y ante las múltiples deficiencias del actual sistema, a lo largo del presente trabajo se propondrá un nuevo modelo de financiación, que estimule la competitividad entre las empresas mediante la innovación tecnológica, para conseguir efluentes de mejor calidad a precios más económicos.

## **2. DETERMINACIÓN DE LA INFORMACIÓN A REMITIR POR LAS EDAR.**

Antes de plantear un nuevo sistema de financiación resulta necesario realizar una serie de puntualizaciones respecto al sistema de depuración. Los diseños de las EDAR son múltiples, aunque en general se pueden agrupar en tratamientos convencionales, que se emplean en núcleos de población importantes y que producen un efecto notable sobre el receptor, y de otra parte, tratamientos para pequeñas poblaciones que se emplean en núcleos de población pequeños o edificaciones aisladas de redes de saneamiento, cuya principal premisa es la de tener unos costos de mantenimiento bajos y precisar de mano de obra no cualificada.

En líneas generales, los procesos de depuración suelen agruparse en cuatro fases: pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario. El número de fases que se aplican dependen de la calidad exigida al efluente.

1. Pretratamiento del agua depurada. Su principal objetivo es la contención de las avalanchas y la eliminación de los componentes gruesos añadidos, impropia, al agua.
2. Tratamiento primario. Persigue retener una buena parte de los sólidos en suspensión que lleva el agua residual.
3. Tratamiento secundario. Es un tratamiento biológico cuyo objetivo es la transformación de la materia orgánica del agua residual en materia celular, gases, energía y agua.
4. Tratamiento terciario. Constituye un complemento a la depuración del agua residual que persigue reducir los sólidos en suspensión, la parte orgánica asociada, la demanda biológica de oxígeno a 5 días ( $DBO_5$ ), la demanda química de oxígeno (DQO) soluble, etc.

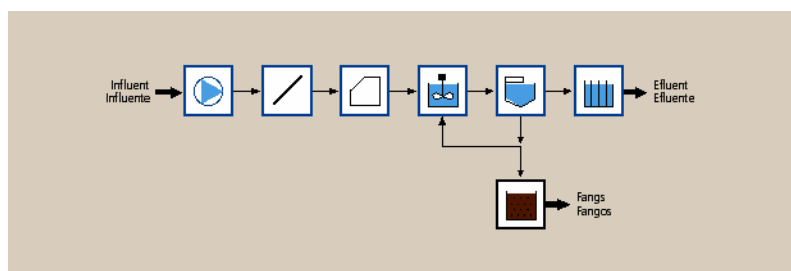
En la Tabla 1 se muestra un esquema de los procesos de depuración en el que se especifica el tipo de tratamiento al que pertenece, si es convencional o de pequeñas poblaciones y la línea de tratamiento en el cual se encuadra (aguas, fangos, electricidad, etc.).

Tabla 1  
ESQUEMA DE LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN

	Proceso	Tipo tratamiento	Tipo EDAR	Línea tratamiento
1	Aliviadero general	Pretratamiento	Convencional	Comunes
2	Pozo de gruesos	Pretratamiento	Convencional	Comunes
3	Desbaste de gruesos	Pretratamiento	Convencional	Comunes
4	Elevación	Pretratamiento	Convencional	Comunes
5	Desbaste de finos	Pretratamiento	Convencional	Comunes
6	Desarenado – desengrasado	Pretratamiento	Convencional	Comunes
7	Homogeneización	Pretratamiento	Convencional	Comunes
8	Medición de caudal	Pretratamiento	Convencional	Comunes
9	Tratamiento químico	Primario	Convencional	Comunes
10	Laguna anaerobia	Primario	Convencional	Comunes
11	Decantador primario	Primario	Convencional	Comunes
12	Flotador por aire disuelto	Primario	Convencional	Comunes
13	Tanque Imhoff	Primario	Convencional	Comunes
14	Lagunas de estabilización, lagunas facultativas	Secundario	Convencional	Comunes
15	Lagunas aireadas artificialmente	Secundario	Convencional	Comunes
16	Fangos activados convencionales	Secundario	Convencional	Comunes
17	Fangos activados: aeración prolongada	Secundario	Convencional	Comunes
18	Fangos activados: avanzados para eliminación biológica de nutrientes	Secundario	Convencional	Comunes
19	Fangos activados: reactores profundos (Deep Shaft)	Secundario	Convencional	Comunes
20	Fangos activados: contacto-estabilización	Secundario	Convencional	Comunes
21	Lechos bacterianos	Secundario	Convencional	Comunes
22	Tratamientos por riego y aplicación al terreno (tratamiento blando)	Secundario	Convencional	Comunes
23	Biofiltros aireados	Secundario	Convencional	Comunes
24	Lecho expandido	Secundario	Convencional	Comunes
25	Lecho fluidizado	Secundario	Convencional	Comunes
26	Fangos activados con partículas	Secundario	Convencional	Comunes
27	Contactores biológicos rotativos (biodiscos, biorrotores, biocilindros)	Secundario	Convencional	Comunes
28	Filtración	Terciario	Convencional	Agua
29	Coagulación y filtración	Terciario	Convencional	Agua
30	Coagulación	Terciario	Convencional	Agua
31	Air stripping	Terciario	Convencional	Agua
32	Nitrificación-desnitrificación	Terciario	Convencional	Agua
33	Absorción por carbón	Terciario	Convencional	Agua
34	Cambio iónico	Terciario	Convencional	Agua
35	Ósmosis inversa	Terciario	Convencional	Agua
36	Desinfección	Terciario	Convencional	Agua
37	Espesador por gravedad	Espesamiento	Convencional	Fangos y electricidad
38	Espesador de flotación	Espesamiento	Convencional	Fangos y electricidad
39	Centrifugadora	Espesamiento	Convencional	Fangos y electricidad
40	Digestión aerobia	Estabilización	Convencional	Fangos y electricidad



Figura 2  
DEPURADORA DE ADEMUZ



Fuente: [www.gva.es](http://www.gva.es)

Por ello, si se dispusiese de una medida objetiva de cada proceso, se podría determinar la financiación total correspondiente a la EDAR, sin más que sumar las correspondientes a todos los procesos que la integran.

Además, en las EDAR se generan conjuntamente agua, fangos y electricidad, siendo el agua depurada un producto que no puede ser objeto de venta, por impedirlo el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas. En consecuencia, el modelo de financiación debe tender a financiar únicamente los costes correspondientes al agua depurada, ya que el fango y la electricidad que se genere, como consecuencia del trato adecuado de los gases generados en el tratamiento biológico, pueden ser objeto de venta.

Por todo ello, nuestro objetivo no será el establecimiento de un sistema de costes para las EDAR, sino la fijación de un sistema que permita establecer una financiación genérica que cubra los costes de depuración, y que permita que las empresas que reduzcan sus costes, no se vean penalizadas.

Así, nos planteamos en primer lugar la determinación de los valores objetivos de cada proceso. Por otra parte, la existencia de costes indirectos implica tener que repartirlos o asignarlos, siendo ésta una de las tareas más difíciles y delicadas del cálculo de costes. Entre los objetivos perseguidos por esta asignación, de acuerdo con Horngren et al (1996: 499-500), se encuentra calcular o justificar el coste incurrido en la producción de bienes y servicios prestados por empresas sujetas a regulación o que están en un ambiente en el que no hay mercado alternativo de referencia para fijar los precios, de forma que éstos deben establecerse a partir de los costes incurridos.

A mediados de los 80 surgía el ABC (Activity Based Costing), que supuso un replanteamiento de la vigente forma de actuar, principalmente mediante herramientas básicas que eran los centros de costes homogéneos (secciones homogéneas) y las unidades de obra. Hasta entonces, se consideraba que los costes indirectos no variaban con el nivel de producción, pero a partir de ese momento, los diferentes niveles de variabilidad de los costes se recogieron en este sistema en la denominada jerarquía de costes (Cooper, 1990: 4-14). Inicialmente se establecieron cuatro niveles de variabilidad de costes de los productos que coinciden con otros tantos tipos de actividades (nivel usuario, lote, producto y planta). En cuanto a la asignación de los costes a los productos, al menos teóricamente, sólo hay dos tipos de costes que no son asignables a éstos: los derivados de exceso de capacidad y los de investigación y desarrollo de nuevos productos. (Cooper y Kaplan, 1988: 101-102).

Aquí se propone un sistema de asignación de costes a los productos que no podría calificarse específicamente como secciones homogéneas ni como ABC, ya que se hará referencia a procesos de depuración, que en ocasiones son secciones, y en otras únicamente una actividad.

El otro aspecto que más problemas puede generar es el establecimiento de criterios para la separación de los costes conjuntos. Aunque en un principio pudiesen aplicarse criterios distintos en

función de los productos obtenidos, tal y como demuestra Brotons y Trigueros (2006: 10-23) la utilización de criterios de separación distintos en función del número de productos generados puede generar importantes distorsiones en la financiación, por lo que se considera adecuado utilizar siempre el mismo criterio.

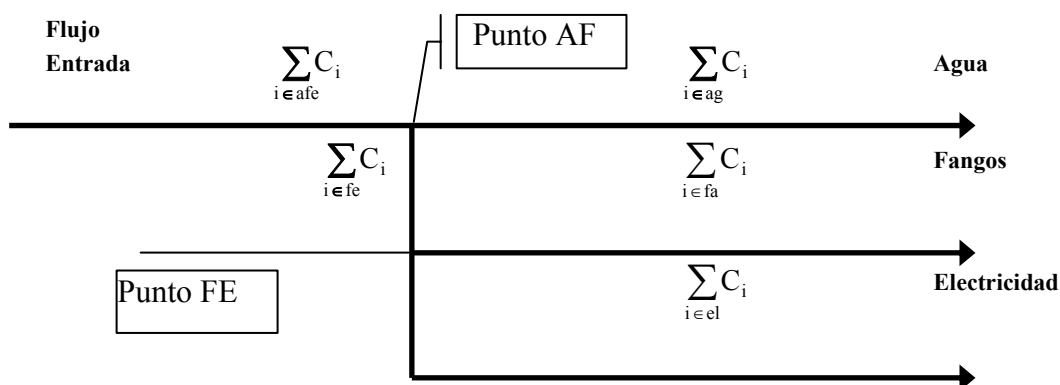
A este respecto, la norma quinta de la Resolución de 9 de mayo de 2000, del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas, sobre producción conjunta establece que si en un determinado proceso de fabricación, de forma inexorable, se fabrica simultáneamente más de un producto, la asignación de los costes que no son imputables a un producto concreto se basará en criterios o indicadores lo más objetivos posibles con la orientación, con carácter general, de que los costes imputados a cada producto sean lo más paralelos o proporcionales al valor neto de mercado o de realización del citado producto.

Por su parte, la Norma Internacional de Contabilidad nº 2 (NIC 2) referente a existencias establece en el párrafo 12 que cuando los costes de transformación de cada tipo de producto no sean identificables por separado, se distribuirá el coste total entre los productos, utilizando bases uniformes y racionales. La distribución puede basarse, por ejemplo, en el valor de mercado de cada producto, ya sea como producción en curso, en el momento en que los productos comienzan a poder identificarse por separado, o cuando se complete el proceso productivo.

Hemmer [1996], en un tratamiento matemático de los costes de exceso de capacidad y costes comunes recomienda que cuando la producción presenta costes comunes y capacidad disponible, el coste de la producción conjunta no puede asignarse a un sólo producto, el coste de los recursos comunes deben asignarse entre los productos de acuerdo a su valor neto de realización (VNR). El anterior argumento es apoyado por Wang (1996: 494-500) que considera que el VNR supone una mejora significativa sobre el método de las cantidades físicas. También los textos de costes estándares recomiendan el VNR (Deakin y Maher, 1991)

Aunque, tal como hemos comentado, la tipología de las EDAR es muy distinta unas de otras, el esquema genérico de una depuradora que genere agua, fangos y electricidad podría representarse, de acuerdo con la figura 3, como un flujo de entrada que se va separando en las distintas líneas de productos: aguas depuradas, fangos deshidratados y electricidad en el punto AF, y éstos dos últimos en el FE. Los conjuntos “afe”, “fe”, “ag”, “fa” y “el” representan, respectivamente, las secciones pertenecientes a las líneas comunes a los tres productos, comunes a fangos y electricidad, específicas de aguas, de fangos y de electricidad.

Figura 3  
ESQUEMA DE UNA EDAR.



Siendo  $\sum_{i \in \text{afe}} C_i$ ,  $\sum_{i \in \text{fe}} C_i$  los costes unitarios comunes a los tres productos, y a fangos y electricidad respectivamente. Por su parte  $\sum_{i \in \text{ag}} C_i$ ,  $\sum_{i \in \text{fa}} C_i$  y  $\sum_{i \in \text{el}} C_i$  serán los costes unitarios de las líneas específicas de aguas, fangos y electricidad, respectivamente.

Los VNR de cada producto en cada punto, son los que se indican en la Tabla 2, cuyos precios se denotan por  $P_A$ ,  $P_F$  y  $P_E$ :

Tabla 2  
VALORES NETOS DE REALIZACIÓN.

Producto y punto de separación	Valor Neto de Realización
Fangos deshidratados en FE y AF:	$P_{F(AF)} = P_F - \left( \sum_{i \in \text{fe}} C_i + \sum_{i \in \text{fa}} C_i \right)$
Electricidad en el punto FE:	$P_{E(AF)} = P_E - \left( \sum_{i \in \text{fe}} C_i + \sum_{i \in \text{el}} C_i \right)$
Agua depurada en el punto AF:	$P_{A(AF)} = P_A - \left( \sum_{i \in \text{ag}} C_i \right)$

Así, en primer lugar se procederá a la identificación de las diferentes actividades: primarias, las enumeradas en la Tabla 1, y las secundarias, aquellas que la EDAR estime conveniente, cuyos costes habrán de asignarse a los principales. Dado que son las actividades las que consumen recursos de la empresa, conviene identificar todos los elementos de coste tales como personal, reactivos, energía eléctrica, amortizaciones, luz, agua, teléfono, etc. Para esta asignación deben diseñarse unos formularios que contengan la información necesaria. Éstos deberán ser cumplimentados por las EDAR y remitidos a la administración autonómica correspondiente.

Las actividades secundarias deben de ser redistribuidas mediante un nuevo reparto, para lo que hay que utilizar los generadores de coste o activity drivers adecuados. Dicho reparto se contemplará mediante los documentos que se establezcan. Toda esta información, deberá ser remitida a la administración autonómica para que proceda a calcular un valor medio por metro cúbico de cada proceso ( $C_i$ ) en el ámbito de la comunidad objeto de aplicación.

Realizado este reparto primario se procederá a realizar el denominado reparto secundario, que consiste en la asignación de las actividades secundarias a las primarias. Tras la anterior operación, ya se podrán realizar comparaciones a fin de determinar la eficiencia de cada una de las secciones de una depuradora. El último paso será la imputación a los productos de los costes anteriormente calculados, de acuerdo con el VNR.

Para la aplicación del criterio del VNR resulta imprescindible el conocimiento de los precios de mercado del agua depurada, fangos y electricidad. Si bien los dos últimos se pueden obtener fácilmente, con respecto al cálculo del precio de mercado del agua depurada, hemos de indicar que su determinación resulta bastante problemática. Primero, las empresas depuradoras no son titulares de sus efluentes, dado que la legislación establece que su aprovechamiento requerirá concesión administrativa, ya que su misión es únicamente reciclar un bien público como es el agua, que como tal, no puede ser objeto de venta. Segundo, una vez vertidas las aguas, podrían ser recogidas por otras empresas con la correspondiente concesión administrativa que se encargarían de su distribución, pero el precio que éstas aplicasen no estaría relacionado con los costes de depuración.



En cierta medida, la depuración de aguas residuales podría asimilarse a un servicio público. El problema que plantean este tipo de servicios radica en la fijación de los mecanismos para la determinación de su precio. Las diferentes alternativas pueden agruparse en métodos directos, como es la creación de un mercado artificial que subrogue al inexistente, y los métodos indirectos, que pretenden estimar el valor del servicio público a través de comportamientos que se revelan en mercados reales.

En el método directo, para determinar el precio del agua será necesario analizar, en primer lugar, cuáles pueden ser los oferentes y demandantes de agua depurada, así como el precio que estarían dispuestos a abonar los demandantes, o el que solicitarían los oferentes. Por tanto, el posible precio es pues incierto, ya que aún no se ha creado un mercado de agua depurada que ayude a resolver la cuestión. Una posibilidad para el tratamiento de esta incertidumbre es la utilización de la Teoría de los Subconjuntos Borrosos. La determinación de precios para bienes con oferta y/o demanda incierta utilizando números borrosos ha sido utilizada, entre otros autores, por Wu (2001: 129-150) ó Yao (1999: 421-426). En el supuesto de la determinación del precio del agua depurada esta técnica ha sido utilizada en Brotons (2003) y Terceño y Brotons (2005). La estimación de las variables objeto de estudio, se realizará mediante la recopilación de las opiniones de los expertos debidamente tratadas. Cada experto deberá facilitar, no un valor fijo, sino un rango de valores entre los que considere que se va a mover el precio e indicar aquel que considere más posible. La agregación de los mismos permitirá obtener un valor de referencia que pueda emplearse en el criterio del VNR.

Por su parte, dentro de la familia de los métodos indirectos destaca la valoración basada en variables hedónicas, sugerido inicialmente por Griliches (1971), que se basa en determinar en qué manera la satisfacción por consumir un servicio público afecta al precio de los bienes para los que existe un mercado perfectamente definido, y el método del coste de viaje, que consiste en utilizar la información relacionada con la cantidad de tiempo y de dinero que un usuario emplea para el consumo de dicho servicio.

Recientemente también se está utilizando el enfoque multicriterio, donde los diferentes propósitos de un servicio público se tratan como objetivos. En cualquier caso, el análisis detallado de cualquiera de las metodologías anteriormente expuestas desborda los objetivos del presente artículo, por lo que deberán ser objeto de futuros trabajos

En cualquier caso, el coeficiente de asignación de los costes comunes a cualquier producto  $i$  en el punto  $r$  ( $S_i^r$ ) se obtendrá de la siguiente forma:

$$S_i^r = \frac{V_i^r}{V_1^r + \dots + V_n^r}$$

siendo  $V_i^r$  el VNR del producto  $i$  en el punto  $r$ .

De esta forma, los costes asignados a cada producto son los que se indican a continuación, donde  $C_A$  y  $C_F$  representan los costes específicos de agua y fangos que no se pueden imputar a ningún proceso, como los análisis de los efluentes e influentes,  $T$  la producción total valorada a precios de mercado,  $CR_{EL}$  los costes de evacuación de lodos en aquellas depuradoras donde no se generan fangos deshidratados,  $C_{CO}$ , los costes comerciales y  $C_{AD}$  los de administración:

Tabla 3  
ASIGNACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PRIMARIAS A LOS PRODUCTOS.

		PRODUCTOS		
		AGUA	FANGOS	ELECTRICIDAD
<b>COSTES</b>	<i>Específicos</i>	$C_A$	$C_F$	0
	<i>Comunes</i>	$S_A^r \cdot \sum_{i \in afe} C_i$	$S_F^r \cdot \sum_{i \in afe} C_i$	$S_E^r \cdot \sum_{i \in afe} C_i$
	<i>Líneas específicas</i>	$\sum_{i \in ag} C_i$	$\sum_{i \in fa} C_i$	$\sum_{i \in el} C_i$
	<i>Evacuación lodos</i>	$CR_{EL}$	0	0
	<i>Comercial</i>	0	$\frac{F \cdot P_F}{F \cdot P_F + E \cdot P_E} C_{CO}$	$\frac{E \cdot P_E}{F \cdot P_F + E \cdot P_E} C_{CO}$
	<i>Administración</i>	$\frac{A \cdot P_A}{T} C_{AD}$	$\frac{F \cdot P_F}{T} C_{AD}$	$\frac{E \cdot P_E}{T} C_{AD}$

En la Tabla 3 cuyo objetivo era la determinación de los costes financiados por la administración (costes imputables a aguas), también se ha procedido al reparto de los costes de administración entre los diferentes productos, ya que sólo deben ser objeto de financiación aquellos que correspondan a aguas depuradas.

Con esta forma de proceder, se ha obtenido por una parte el coste por unidad de cada proceso, lo que permite la comparación de los costes entre depuradoras, aunque sean de diseños muy distintos, y por otra, la asignación de los costes a los diferentes productos permitirá conocer la parte de éstos que se deberán financiar.

Una vez fijado el mecanismo para la obtención de la información que deberán comunicar las EDAR a la administración, procedemos en el siguiente apartado a exponer el sistema de financiación propuesto.

### 3. DETERMINACIÓN DE LA FINANCIACIÓN.

La administración autonómica será la encargada de procesar toda la información facilitada por las EDAR, de acuerdo con la documentación que se establezca. Además, cada una de las empresas deberá informar sobre los niveles de concentración y porcentajes de reducción de cada uno de sus procesos de depuración.

Con toda la información que reciba deberá estimar una serie de variables, que se detallan en la Tabla 4, y sobre las que nos ocuparemos en este apartado a medida que desarrollemos el sistema de financiación propuesto.

Tabla 4  
ESTIMACIÓN DE VARIABLES

	Variable	Valor a estimar	Forma de cálculo
<i>Específicos</i>	$\hat{C}_A$	Costes de los análisis de los influentes y efluentes	Media comunidad
<i>Elevación</i>	$\hat{C}_{ELu}$	Costes por m <sup>3</sup> elevado por m. Altura	Media comunidad
<i>Procesos comunes y línea de agua</i>	$\hat{C}_i$	Costes de cada proceso por m <sup>3</sup> tratado	Media comunidad
<i>Evacuación de lodos</i>	$\hat{R}_{EL}$	Costes de evacuación de lodos por m <sup>3</sup> depurado	Media comunidad <sup>1</sup>
<i>Residuos peligrosos</i>	$\hat{R}_{pu}$	Costes por m <sup>3</sup> generado de evacuación de los residuos peligrosos	Media comunidad
<i>Administración</i>	$\hat{C}_{AD}$	Coste total	Regresión múltiple
<i>Agua</i>	$\hat{P}_A$	Precio de mercado	Precio medio
<i>Fangos</i>	$\hat{P}_F$	Precio de mercado	Precio medio
<i>Electricidad</i>	$\hat{P}_E$	Precio de mercado	Precio medio
<i>% reducción</i>	$P_j^s$	Porcentaje de reducción de la sección j de la comunidad para el parámetro s	Porcentaje máximo comunidad
<i>Concentraciones</i>	$T_j^s$	Concentración mínima de las secciones j de la comunidad para el parámetro s	Valor mínimo de la comunidad
<i>Ponderación factores</i>	$\alpha_j^s, \alpha_j^{s'}$	Ponderación de los distintos factores para el coeficiente de calidad	En función de la importancia asignada a cada uno.
<i>Ponderación factores influente</i>	$\phi_s$	Ponderación de los distintos factores para el nivel de contaminación del influente	En función de la importancia asignada a cada uno.
<i>Penalidad objetiva</i>	$Pe_i$	Penalidad medible con criterios objetivos	Valoraciones objetivas efectuadas por peritos

La financiación de cada proceso deberá incluir en primer lugar, los valores objetivos obtenidos, pero además deberá premiar a las EDAR que mejoren la calidad del efluente. Somos concientes que esta mejora no supondrá el mismo esfuerzo económico en todos los procesos, por lo que la administración deberá ponderarlo adecuadamente.

Por ello en primer lugar se expondrá la forma de obtener la financiación de un proceso que podemos denominar genérico, a continuación se fijará la correspondiente a los gastos de administración, para los que es posible que no exista una relación directa con el volumen depurado. Nuestra propuesta incluye un nuevo mecanismo para la obtención del beneficio industrial, y establece primas por la excesiva contaminación del influente de la EDAR y por las mayores exigencias en la calidad del efluente, si éste se vierte en una zona sensible. Por último, añade una financiación adicional por la existencia de residuos calificados como peligrosos y establece penalidades por bajo rendimiento de la EDAR.

Para determinar la eficiencia técnica de cada proceso, habrá que seleccionar los parámetros con los que valorarlos (DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos en suspensión, niveles de fósforo, nitrógeno, etcétera) y a continuación asignarles una ponderación, tanto en la reducción como en el nivel definitivo.

Para la obtención de la eficiencia de cada proceso definiremos las siguientes variables:

<sup>1</sup> Se exceptuarán para el cálculo de la media, aquellos que de acuerdo con las analíticas realizadas, se desprenda que son asimilables a residuos peligrosos.

- $C_{ij}$ : Coste del metro cúbico depurado en la sección  $j$  de la depuradora  $i$ .
- $C_j^*$ : Coste por metro cúbico menor de la sección  $j$  obtenido en la comunidad autónoma.
- $P_{ij}^s$ : Porcentaje de reducción del parámetro  $s$  para la sección  $j$  de la EDAR  $i$
- $P_j^{s*}$ : Porcentaje de reducción máximo del parámetro  $s$  en la sección  $j$  en todas las EDAR de una comunidad autónoma.
- $T_{ij}^s$ : Concentración del parámetro  $s$  en el efluente de la sección  $j$  de la EDAR  $i$ .
- $T_j^{s*}$ : Mínimo valor de concentración en los efluentes de la sección  $j$  de la comunidad autónoma para el parámetro  $s$ .

Para cada uno de los parámetros que miden la mejora de la contaminación del agua depurada, habrá que obtener tanto la reducción como la concentración del efluente. Para la valoración del primero, definiremos  $\delta_{ij}^s$  como la distancia entre el porcentaje de reducción del parámetro  $s$  en la sección  $j$  de la depuradora  $i$  y el valor objetivo (mínimo valor de dicho parámetro en la sección  $j$  de todas las depuradoras de la comunidad autónoma):

$$\delta_{ij}^s = P_j^{s*} - P_{ij}^s \geq 0$$

De la misma manera se puede definir la distancia entre el nivel de contaminación del efluente de la sección  $j$ , conseguido en la EDAR  $i$  y el mínimo valor de toda la comunidad ( $\Delta_{ij}^s$ ):

$$\Delta_{ij}^s = T_{ij}^s - T_j^{s*} \geq 0$$

El objetivo técnico será conseguir, para los parámetros seleccionados,  $s$ , por la administración, que los valores  $\delta_{ij}^s$  y  $\Delta_{ij}^s$  sean mínimos. Sin embargo, estas variables no evolucionan todas de la misma forma, por lo que habrá que ponderar para cada sección su importancia relativa.

La distancia del porcentaje de reducción de la sección  $j$  respecto al valor objetivo, para el parámetro  $s$  se ponderará con un coeficiente  $\alpha_j^s$ . Por su parte la distancia del nivel de concentración del efluente de la sección  $j$  respecto al valor objetivo, para el parámetro  $s$ , se ponderará con un coeficiente  $\alpha_j^{s'}$ , de manera que:

$$\sum_s \alpha_j^s + \sum_s \alpha_j^{s'} = 1$$

Así, la función de eficiencia de dicha actividad será:

$$\varepsilon_{ij} = 1 - \frac{\bar{\varepsilon}_{ij}}{\sum_i \bar{\varepsilon}_{ij}}, \text{ con } 0 \leq \varepsilon_{ij} \leq 1$$

Siendo,

$$\bar{\varepsilon}_{ij} = \sum_s \alpha_j^s \cdot \delta_{ij}^s + \sum_s \alpha_j^{s'} \cdot \Delta_{ij}^s$$

### 3.1. Financiación de una actividad genérica.

La financiación de cada proceso deberá tener en cuenta la mejora de la calidad conseguida por lo que el valor objetivo obtenido deberá ser multiplicado por un factor  $(1 + \varepsilon_{ij})$ , salvo que la

administración considere que un determinado proceso no debe estar sujeto a ponderación, bien por no afectar excesivamente a la calidad del agua depurada, bien por la complicación de su medición o simplemente por que la introducción del mismo supondría unos costes mayores que los beneficios que reportase su aplicación.

Además, somos conscientes de que la importancia de la eficiencia técnica no es la misma en todas las secciones, por lo que la administración tendría que utilizar un nuevo factor de ponderación,  $a_j$ , que incorpore tanto la dificultad de la reducción de la contaminación en una sección, como el premio que se ofrezca por la eficiencia técnica. La financiación de la sección  $j$  de la EDAR  $i$  ( $F_{ij}$ ) será:

$$F_{ij} = a_j \cdot (1 + \varepsilon_{ij}) \hat{C}_j \cdot V_{ij}$$

### 3.2. Financiación de los gastos de administración.

A diferencia de las actividades primarias, en administración no se puede garantizar a priori que la relación sea directa entre el importe total y el volumen depurado, por lo que se propone que sea el ente autonómico correspondiente el que determine la mejor regresión entre las variables independientes  $X_{ij}$  que representan un determinado nivel de actividad  $j$  de la empresa  $i$  (o cualquier otro parámetro que se estime oportuno de las empresas), y la dependiente  $C_{ADi}$  (costes de administración de la citada estación). De esta forma tendremos que la regresión que servirá para determinar los gastos de administración que corresponde financiar a cada depuradora será<sup>2</sup>:

$$\hat{C}_{iAD} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i} + \dots + \hat{\beta}_m X_{mi}$$

### 3.3. Financiación del beneficio industrial.

Se propone su obtención directa a partir de los valores objetivos de cada proceso antes de ponderarlos con la eficiencia. La base para el cálculo del beneficio industrial de la EDAR  $i$  ( $BB_i$ ), teniendo en cuenta los costes de elevación de un  $m^3$  de agua un metro de altura ( $\hat{C}_{Eu}$ ), siendo  $h$  la altura, y considerando los costes de evacuación de lodos ( $\hat{R}_{EL}$ ) se obtendrá de:

$$BB_i = \hat{C}_A + S_A^r \cdot \sum_j \hat{C}_j \cdot V_{ij} + \hat{C}_{Eu} \cdot V_i \cdot h_i + \hat{R}_{EL} + \frac{A \cdot P_A}{T} \hat{C}_{iAD}$$

Donde  $S_A^r$  representa el coeficiente de asignación de los costes del proceso  $j$  a aguas. Si denotamos por  $b_b$  al porcentaje asignado por la administración para el cálculo del beneficio industrial, la financiación por este concepto ( $F_{iBI}$ ) será:

$$F_{iBI} = b_b \cdot BB_i$$

### 3.4. Financiación por concentración del influente.

Resulta evidente que un incremento en la concentración de los factores contaminantes del mismo supondrá un mayor esfuerzo económico en la depuración, que afectará a todos los procesos de la EDAR. Se deberá medir la calidad ( $C_{IN}$ ) del influente de la forma que se indica a continuación, una vez seleccionados y ponderados los factores que la determinan:

---

<sup>2</sup> Si suponemos que es una regresión lineal.

$$C_{IN} = \sum_s \phi_s \frac{T_{IN}^s}{T_{IN}^{s*}}, \quad \sum_j \phi_j = 1, \text{ y } 0 \leq \phi_j \leq 1 \quad \forall j$$

Siendo  $T_{iIN}^s$  la concentración del parámetro  $s$  en el influente de la EDAR  $i$ , y  $T_{IN}^{s*}$  la concentración tomada de referencia que puede ser una media ponderada de todos los caudales de la comunidad. La financiación por la calidad de influente será el producto de la base de beneficio por el complementario de la calidad del influente y por el factor de ponderación  $a_{IN}$ :

$$F_{iIN} = a_{IN} \cdot (1 - C_{iIN}) \cdot BB_i$$

### 3.5. Financiación de la sensibilidad de la zona.

Los costes de depuración dependerán no sólo de la calidad del influente y de los costes de la propia empresa, sino también de la calidad exigida a los efluentes de la misma según la calificación de la zona en la que se realiza el vertido: zona normal, sensible y menos sensible, de acuerdo con la Directiva 91/271 (puede consultarse además, a Terceño, Brotons y Trigueros, 2005).

Si denominamos  $P_{EF}^{s*}$  al porcentaje de reducción máximo conseguido en toda la comunidad, y  $P_{iL}^s$  al porcentaje de reducción obligatorio para el parámetro  $s$ , en función de las circunstancias específicas de la EDAR, el exceso de reducción de porcentaje exigido legalmente a la depuradora  $i$  será:

$$\delta_{iEF}^s = P_{EF}^{s*} - P_{iL}^s$$

Por su parte, si denominamos  $T_{EF}^{s*}$  a la concentración mínima conseguida en todas las depuradoras de la Comunidad Valenciana para el parámetro  $s$ , y  $T_{iL}^s$  a la concentración del efluente exigida por la normativa vigente, el exceso de disminución de la concentración exigido legalmente será:

$$\Delta_{iEF}^s = T_{iL}^s - T_{EF}^{s*}$$

La disminución de la contaminación exigida a la depuradora  $i$  dependerá de la suma de distancias entre los valores objetivo y los exigidos legalmente para el porcentaje de reducción de cada factor  $s$  ( $\delta_{iEF}^s$ ) y para su concentración  $\Delta_{iEF}^s$  debidamente ponderadas por los factores  $\alpha_{EF}^s$  y  $\alpha_{EF}^{s'}$ :

$$\bar{\varepsilon}_{iEF} = \sum_s \alpha_{EF}^s \delta_{iEF}^s + \sum_s \alpha_{EF}^{s'} \Delta_{iEF}^s$$

con:

$$\sum_s \alpha_{EF}^s + \sum_s \alpha_{EF}^{s'} = 1$$

$$\alpha_{EF}^s < 1, \alpha_{EF}^{s'} < 1, \forall s$$

El mayor rendimiento exigido ( $\varepsilon_{iEF}$ ) será función de la disminución de la contaminación requerida a la EDAR  $i$  ( $\bar{\varepsilon}_{iEF}$ ) por situarse en una zona sensible o menos sensible:

$$\varepsilon_{iEF} = 1 - \frac{\bar{\varepsilon}_{iEF}}{\sum_i \bar{\varepsilon}_{iEF}}$$

En consecuencia, el componente de financiación correspondiente a las exigencias legales ( $F_{iEF}$ ) será:

$$F_{iEF} = a_{EF} \cdot (1 + \varepsilon_{iEF}) \cdot BB_i$$

### 3.6. Financiación de residuos peligrosos.

Resulta evidente que si de los análisis efectuados se desprende que los lodos evacuados pueden asimilarse a residuos peligrosos, la empresa incurrirá en mayores costes motivados por medidas de prevención, transporte separado del resto y depósito en vertederos especiales entre otros. Se propone que la EDAR cuyos residuos reciban esta calificación minoren su financiación en la parte obtenida por evacuación de lodos y la incrementen en el coste unitario medio de evacuación de residuos peligrosos de la comunidad autónoma multiplicado por el volumen total generado:

$$F_{iRP} = \hat{R}p_u \cdot RP_m - a_{EL} \cdot (1 + \varepsilon_{iEL}) \cdot \hat{R}_{EL} \cdot V_m$$

siendo  $V_m$  el volumen depurado, y  $RP_m$  los residuos calificados como peligrosos.

### 3.7. Penalidad por bajo rendimiento.

Si la calidad del efluente de la EDAR no alcanza los mínimos requeridos durante un determinado periodo, la entidad de saneamiento penalizará al contratista con una determinada cantidad. Proponemos la pérdida de la financiación por los días en que dure la disminución de calidad, siempre que no medie causa justificada, y una penalización por los daños ocasionados ( $P_i$ ), que deberán ser evaluados por expertos independientes:

$$F_{iP} = - \left( BB_i \cdot (1 + bb) \cdot \frac{V_{ip}}{V_i} + P_i \right)$$

donde  $V_{ip}$  es el volumen que ha dejado de tener la calidad exigida por la administración en la depuradora  $i$ , y  $V_i$  el volumen total de la EDAR.

A modo de resumen se presenta en la Tabla 5 un esquema de la financiación correspondiente a una EDAR por todos los conceptos analizados:

Tabla 5  
FINANCIACIÓN DE LAS EDAR.

	<b>Importes a financiar</b>
<b>1. Específicos</b>	$F_{iA} = a_A \cdot (1 + \varepsilon_{iA}) \cdot \hat{C}_A$
<b>2. Elevación</b>	$F_{iE} = a_E \cdot (1 + \varepsilon_{iE}) \cdot \hat{C}_{Eu} \cdot V_E \cdot h_i$
<b>3. Comunes</b>	$F_{iAFE} = S_i^r \cdot \sum_{j \in af} a_j \cdot (1 + \varepsilon_{ij}) \cdot \hat{C}_j \cdot V_{ij}$
<b>4. Línea agua</b>	$F_{iag} = \sum_{j \in ag} a_j \cdot (1 + \varepsilon_{ij}) \cdot \hat{C}_i \cdot V_{ij}$
<b>5. Evacuación lodos</b>	$F_{iEL} = a_{EL} \cdot (1 + \varepsilon_{iEL}) \cdot \hat{R}_{EL}$
<b>6. Administración</b>	$F_{iAD} = a_{AD} \cdot (1 + \varepsilon_{iAD}) \cdot \frac{A \cdot P_A}{T} \cdot \hat{C}_{AD}$
<b>7. BASE BENEFICIO (<math>BB_i</math>)</b>	$BB_i = \hat{C}_A + S_A^r \cdot \sum_j \hat{C}_j \cdot V_{ij} + \hat{C}_{Eu} \cdot V_E \cdot h_i + \hat{R}_{EL} + \frac{A \cdot P_A}{T} \cdot \hat{C}_{iAD}$
<b>8. Beneficio industrial</b>	$F_{iBI} = b_b \cdot BB_i$
<b>9. Concentración influente</b>	$F_{iIN} = a_{IN} \cdot \left( 1 - \sum_j \phi_j \cdot \frac{T_{iIN}^s}{T_{IN}^{s*}} \right) \cdot BB_i$
<b>10. Sensibilidad de la zona</b>	$F_{iEF} = a_{EF} \cdot (1 + \varepsilon_{iEF}) \cdot BB_i$
<b>11. Residuos peligrosos</b>	$F_{iRP} = \hat{R}_{p_u} \cdot RP_{im} - a_{EL} \cdot (1 + \varepsilon_{iEL}) \cdot \hat{R}_{EL} \cdot V_{im}$
<b>12. Penalidad bajo rendimiento</b>	$F_{iP} = - \left( BB_i \cdot (1 + b_b) \cdot \frac{V_{ip}}{V_i} + P_i \right)$
<b>13. Financiación Total <math>F_{Ti}</math></b>	$F_{Ti} = F_{iA} + F_{iE} + F_{iAFE} + F_{iag} + F_{iEL} + F_{iAD} + F_{iBI} +$ $+ F_{iIN} + F_{iEF} + F_{iRP} + F_{iP}$

Con el modelo propuesto, se pretende que para una EDAR determinada, una vez conocido el volumen depurado (y mientras no se produzcan cambios en la concentración del influente, la sensibilidad de la zona, en los residuos obtenidos, ni se produzcan penalidades por bajo rendimiento), la financiación sea automática, y sólo se vea afectada por la calidad conseguida en cada proceso.

#### 4. CONCLUSIONES.

El sistema de financiación actual de las EDAR adolece de importantes deficiencias, destacando principalmente la financiación del beneficio industrial como un porcentaje de sus costes lo que elimina cualquier incentivo para su reducción. Además, la generación de diferentes productos finales motiva la existencia de costes conjuntos, que son financiados en su totalidad, cuando una buena parte de ellos podría recuperarse mediante la venta de los fangos y la electricidad. Otro de los aspectos criticables es la ausencia de incentivos a la disminución de la contaminación de los efluentes.

Por todo ello, se ha propuesto un nuevo sistema de financiación basado en los costes de las empresas, pero sobre el que éstas no pueden influir directamente. Para ello se ha fijado en primer lugar una metodología a través de la cual las empresas tendrán que comunicar a la administración los costes de depuración de cada uno de los procesos, mediante un sistema que se podría asimilar a secciones o al ABC según la consideración dada a cada uno de los procesos.



La administración, en base a los datos recibidos, deberá estimar una serie de variables que le permitan fijar la financiación de cada EDAR. Ésta deberá obtenerse a partir de los valores objetivos obtenidos para cada una de ellas, pero teniendo en cuenta la eficiencia obtenida en el proceso debidamente ponderada por la dificultad de conseguir tal mejora, si procede. De esta forma, las EDAR tendrán un sistema que les permita cubrir sus costes, pero cuya reducción no las penalizará, y además, se verán beneficiadas por la reducción de la contaminación de sus efluentes.

Por otra parte, con el sistema propuesto se pretende complementar la financiación con el especial esfuerzo que deben realizar aquellas EDAR cuyos efluentes se encuentren altamente contaminados, o que se les exija una mayor calidad del efluente, por verse éste a zonas sensibles. Otros aspectos como la existencia de residuos considerados como peligrosos, o el bajo rendimiento temporal en algunas EDAR también han de ser tenidos en cuenta.

Somos conscientes de la elevada complejidad del modelo aquí propuesto, pero su aplicación práctica puede ser susceptible de importantes simplificaciones, debidamente determinadas por la administración correspondiente. Además, las EDAR sólo presentan una relación limitada de procesos, y no suelen simultanearse todos los componentes de la financiación.

Por último, queremos recordar que nuestra propuesta para la determinación de los costes de los procesos de las EDAR, en ningún momento pretende sustituir a sus sistemas internos. La homogeneización que se conseguirá permitirá conocer el coste de depuración de cada EDAR mediante la agregación de los correspondientes a cada una de sus procesos.

En cualquier caso, el citado mecanismo de financiación puede ser de aplicación a cualquier otro sector con una problemática similar, especialmente en lo referente a la separación de los costes comunes y a la financiación del beneficio industrial. Por otra parte, aunque se ha basado en la legislación española, entendemos que la metodología es aplicable a otros países en los que el agua sea considerada como un bien público y las empresas de depuración sean financiadas por las distintas administraciones.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- BROTONS, J.M. (2003): "La financiación del sector de empresas depuradoras de aguas residuales. Un enfoque operativo y metodológico." Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández.
- BROTONS, J.M. Y TRIGUEROS, J.A. (2006): "Propuesta de financiación para las empresas depuradoras de aguas residuales". Partida Doble, 176, abril.
- COOPER, R. (1990): "Cost Classifications in Unit-Based and Activity-Based Manufacturing Cost Systems", Journal of Cost Management, Fall.
- COOPER, R. y KAPLAN, R. S. (1988): "Measure Costs Right: Make the Right Decisions", Harvard Business Review, September-October.
- DEAKIN E.B., MAHER M.W. (1991): *Cost accounting*. Homewood, IL, Irwin.
- DECRETO 9/93 DEL GOBIERNO VALENCIANO DE 25/01/93 por el que se aprueba el Reglamento sobre Financiación de la Explotación de las Instalaciones de Saneamiento y Depuración.
- DIRECTIVA 91/271/CE de 21 de mayo, sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- GRILICHES, S. (1971): *Prices Indexes and Quality Change. Studies in New Methods of Measurement*, Harvard University Press, Massachusetts.
- HEMMER T. (1996): "Allocations of sunk capacity costs and joint costs in a linear principal-agent model". Accounting Review, 71.
- HORNGREN, C. T., FOSTER, G. y DATAR, S. M. (1996): *Contabilidad de Costos. Un Enfoque Gerencial*, Prentice Hall Hispanoamericana, México.
- KAUFMANN, A; GIL ALUJA, J.; TERCEÑO, A. (1994): *Matemática para la Economía y la Gestión*. Foro científico. Barcelona.

- MACHADO, A. (2004): “Algunas puntualizaciones metodológicas respecto a la asignación de costes en el sistema ABC”, Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión, vol II, nº 3, enero-junio 2004.
- NORMA INTERNACIONAL DE CONTABILIDAD nº 2 (revisada en 1993), Diario Oficial de la Unión Europea, 13/10/2003, L 261/25 a L 261/31.
- ORDEN DE 14 DE ABRIL DE 1993 de la Conselleria d’Obres Publiques de la Comunidad Valenciana por la que se establecen los modelos en que se ha de formalizar la solicitud de financiación de las empresas depuradoras de aguas residuales.
- PRATS, D. Y VARÓ P. (2002): “Reutilización de las aguas residuales depuradas en la Comunidad Valenciana”. III Congreso Nacional AEDyR. Un recurso seguro. Málaga. Noviembre.
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, de 20 de julio por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas.
- RESOLUCIÓN DE 9 DE MAYO DE 2000, del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas, por la que se establecen criterios para la determinación del coste de producción.
- SÁNCHEZ, M.V. (2004): “Diseño e implantación del sistema activity based costing en el sector hotelero: Estudio de un caso”, Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión, vol II, nº 3, enero-junio 2004.
- SLATER K, WOOTON C. A (1984): *Study of joint and by-product costing in the UK*. London. Institute of Cost and Management Accountants.
- TERCEÑO, A. Y BROTONS, J.M. (2004): “Las empresas depuradoras de aguas residuales: una propuesta de financiación”. XI Congress of the International Society for Fuzzy Management and Economy (SIGEF). Reggio Calabria-Messina, noviembre.
- TERCEÑO, A., BROTONS, J.M., Y TRIGUEROS, J.A. (2005): “La propuesta de un mercado de futuros sobre el agua depurada”. Análisis Financiero, nº 97, Primer cuatrimestre, 2005.
- WANG X. (1996): “Joint products and responses to a profit tax: the case of endogenous cost allocation”. Public Finance Quarterly, 24.
- WU, K. (2001): “The best prices of three mutually complementary merchandises in the fuzzy sense”. Fuzzy sets and Systems, 117.
- YAO, J.-S. AND WU, K. (1999): “Costumer surplus and producer surplus for fuzzy demand and fuzzy supply”. Fuzzy Sets and Systems, 103.



### **Antonio Terceño Gómez**

Catedrático de Economía Financiera y Contabilidad de la Universidad Rovira i Virgili. Ha sido Vicerector de Profesorado, Decano de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales y Director del Departamento de Gestión de Empresas. Su ámbito de trabajo se centra en el estudio de los mercados y productos financieros, con especial interés en la aplicación de la lógica borrosa para su análisis en un ambiente de incertidumbre. Ha publicado como coautor o editor 16 libros o capítulos de libros. Ha publicado diversos artículos en revistas científicas españolas y extranjeras. Es director del Master en Banca y Finanzas. Ha impartido cursos y seminarios como profesor invitado en universidades de diversos países.



### **José Manuel Brotons Martínez**

Doctor por la Universidad Miguel Hernández de Elche y Profesor de Economía Financiera y Contabilidad de esta universidad. Ha participado en diferentes congresos nacionales e internacionales en temas relacionados sobre la financiación del sector de depuración de aguas residuales, y sobre finanzas, muchos de ellos relacionados con las matemáticas borrosa. Es autor de diferentes artículos sobre los temas anteriores. Ha participado en distintos proyectos de investigación financiados tanto por empresas privadas como por entidades y administraciones públicas.



### **José Antonio Trigueros Pina**

Profesor de Economía Financiera y Contabilidad de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Ha desempeñado distintos cargos de gestión en la Universidad de Alicante y en la UMH. Autor de diferentes artículos y libros sobre contabilidad y auditoría. Ha participado y dirigido diferentes proyectos de investigación financiados tanto por empresas privadas como por entidades y administraciones públicas. Es miembro de la Junta de Gobierno del Colegio de Economistas de Alicante. Ha presentado comunicaciones y ponencias a distintos congresos nacionales e internacionales.