

Curso 2005/06
HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES/5
I.S.B.N.: 84-7756-687-9

CARMEN INÉS RUIZ DE LA ROSA

**Propuesta y desarrollo de un modelo de costes
y de gestión adaptado a un proceso de depuración
y reutilización de aguas residuales**

Directores

**JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ GÓMEZ
FEDERICO AGUILERA KLINK**



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

*“De vez en cuando es bueno
ser consciente de que hoy,
de que ahora, estamos fabricando
las nostalgias que descongelarán algún futuro”.*

Mario Benedetti

*A mis padres,
por su entrega constante,*

*A Juan Carlos,
por acompañarme en el camino,*

*A Esther y Daniel,
dos pequeñas grandes razones
por las que vale la pena luchar
por un futuro hidrológico.*

AGRADECIMIENTOS

Hoy, una vez finalizado este trabajo, he dedicado un tiempo a ojear la agenda que me ha acompañado durante todos estos años de estudio. En ella hay multitud de anotaciones, ideas y sobre todo nombres... personas que, aún sin saberlo han colaborado en la confección de esta tesis doctoral, con sus explicaciones, comentarios y sugerencias.

Pero de entre estos textos, muchas veces ininteligibles, escritos con ansias de cerrar círculos y con el entusiasmo de quien encuentra un nuevo eslabón de una inmensa cadena, creo justo destacar a un grupo de personas que, de una forma u otra, dedican su vida a fomentar el uso de una alternativa hidrológica que, sin duda, dará mucho que hablar en el futuro.

Entre estos profesionales del agua mi más sincero agradecimiento a:

Adolfo González Piñeiro, Ingeniero en Obras Públicas del Consejo Insular de Aguas de Tenerife, por el interés y la acogida que demostró, desde el primer momento, por este proyecto.

Sebastián Delgado Díaz, Catedrático de la Facultad de Químicas de la Universidad de La Laguna, por el compromiso de vida que voluntariamente ha adoptado en favor de un futuro con agua.

Escolástico Aguiar González, Gerente de BALTEN, un cruzado en busca del grial, con quien tuve la suerte y el honor de intercambiar impresiones.

Nicolás Morales, Director Técnico de EMMASA, por permitirme el acceso a las “entrañas” de un proceso vital dentro de cualquier intento de planificación hidrológica.

Domingo González de Chávez, Jefe de Planta de la Depuradora de Santa Cruz de Tenerife, Canaragua, S.A., por responder con paciencia y con un lenguaje claro a mis “interminables” dudas sobre el funcionamiento del proceso.

Sergio Balaguer, Técnico de Teidagua, S.A., con quien tuve el placer de ir de “excursión” a pozos y galerías.

Juan Carlos Blázquez, Técnico de Ondeo Degrémont, S.A., que me facilitó los datos necesarios para poder cerrar este trabajo.

Además, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Juan Carlos Afonso Romero, Ingeniero Superior en Informática, por hacerme comprensible el, muchas veces, incontrolable mundo de la informática.

A todos los miembros del Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, especialmente a Lilibeth Fuentes y a Vicky Pérez, por las palabras de apoyo y ánimo que me han brindado en todo momento, así como a los compañeros, tanto de la Facultad como de la Escuela de Ciencias Económicas y Empresariales, por esos temores compartidos entre café y café.

A mi familia, especialmente a mis padres porque ellos, desde la sombra, han sido los verdaderos hacedores de este trabajo, a Juan Carlos por su apoyo incondicional y a Esther y Daniel, que con su paciencia infantil han sabido entender mis ausencias en presencia.

Y, por último, pero siempre por encima de todo, a José Ignacio González y a Federico Aguilera, dos directores de lujo y, lo que es más importante, dos grandes personas, a quienes les debo esta inmersión en el fantástico mundo del agua.

A todos muchas gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	Págs. 0
-------------------	------------

CAPÍTULO 1

LA ECONOMÍA DEL AGUA: EL PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES COMO SISTEMA DE RACIONALIZACIÓN HIDROLÓGICO

INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. EL AGUA, ¿UN RECURSO ECONÓMICO ESCASO ?	19
1.1.1. Concepto de escasez hidrológica: escasez física y escasez social.....	20
1.1.2. Gestión racional de los recursos hídricos.....	23
1.1.2.1. Gestión de la demanda.....	24
1.1.2.2. Gestión de la oferta.....	27
1.2. SISTEMAS TÉCNICOS DE PRODUCCIÓN DE AGUA	28
1.2.1. Sistemas convencionales.....	29
1.2.1.1. Aprovechamiento superficial.....	30
1.2.1.2. Aprovechamiento subterráneo.....	33
1.2.2. Sistemas no convencionales.....	41
1.2.2.1. Desalación.....	43
1.2.2.1.1. Desalación del agua del mar.....	43
1.2.2.1.2. Desalinización de aguas salobres.....	44
1.2.2.2. Reutilización del agua residual.....	45
1.2.3. Papel de los sistemas técnicos de producción de agua en el ciclo hidrológico.....	45
1.3. LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES COMO SISTEMA DE RACIONALIZACIÓN HIDROLÓGICO	48
1.3.1. Desalación versus reutilización.....	50
1.3.2. Potencial de reutilización de los usos no consuntivos.....	55
1.4. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES	58
1.4.1. Gestión económica de la depuración y reutilización de aguas residuales.....	61
1.4.2. Percepción social del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales.....	65
1.5. NECESIDAD DE UN NUEVO MODELO ECONÓMICO Y SOCIAL DE GESTIÓN DEL AGUA	67

CAPITULO 2

PROPUESTA DE UN MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN ADAPTADO A UN PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

INTRODUCCIÓN.....	74
2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: ESTUDIO DE UN CASO.....	76
2.1.1. Justificación del método de investigación.....	77
2.1.2. Selección del caso.....	80
2.2. PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA EDAR DE SANTA CRUZ DE TENERIFE.....	83
2.2.1. Línea de aguas.....	84
2.2.1.1. Pretratamiento.....	94
2.2.1.2. Tratamiento primario.....	95
2.2.1.3. Tratamiento secundario.....	96
2.2.1.4. Tratamiento terciario.....	98
2.2.2. Línea de fangos.....	98
2.2.3. Vertido.....	102
2.2.4. Reutilización.....	105
2.3. CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO DE UN MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN ADAPTADO A UN PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	107
2.3.1. El agua como objetivo de coste.....	109
2.3.2. Problemática asociada al cálculo del coste del agua depurada.....	112
2.3.3. Deficiencias de los modelos de cálculo de cose aplicados en los procesos de depuración y reutilización de aguas residuales.....	113
2.4. HERAMIENTAS DOCTRINALES DE CUANTIFICACIÓN DE COSTES Y CONTROL DE LA GESTIÓN.....	118
2.4.1. Alternativas de cálculo.....	120
2.4.1.1. Sistemas de coste de nivel 1.....	125
2.4.1.2. Sistemas de coste de nivel 2.....	127
2.4.1.3. Sistemas de coste de nivel 3.....	132
2.4.2. Modelos de costes tradicionales o nuevos modelos de costes.....	132
2.5. PROPUESTA DE UN MODELO DE CÁLCULO DE COSTES Y DE GESTIÓN ADAPTADO A UN PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	134
2.5.1. Objetivos planteados e información de costes requerida.....	137

	<i>Págs.</i>
2.5.2. Selección de las alternativas de cálculo.....	138
2.5.2.1. Sistema de coste completo o sistema de coste parcial.....	139
2.5.2.2. Sistema de coste orgánico o sistema de coste inorgánico.....	142
2.5.2.3. Sistema de coste histórico o sistema de coste estándar.....	144
2.5.3. Diseño del modelo.....	144
Anexo 2.1. Pretratamiento.....	149
Anexo 2.2. Tratamiento primario y secundario.....	151
Anexo 2.3. Tratamiento terciario.....	153
Anexo 2.4. Línea de fangos y gas.....	155

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN PROPUESTO

INTRODUCCIÓN	158
3.1. CONCEPTOS BÁSICOS	159
3.1.1. Transformaciones productivas.....	159
3.1.2. Operaciones de producción.....	161
3.1.3. Relaciones de prestación.....	162
3.2. DISEÑO DEL MAPA DEL PROCESO	164
3.2.1. Fase 1: Identificación de los productos finales y descripción de sus unidades técnicas de medida.....	165
3.2.2. Fase 2: Definición de las transformaciones productivas y de las actividades.....	166
3.2.3. Fase 3: Relación y clasificación de factores: Consumo de recursos.....	168
3.2.4. Fase 4: Desarrollo de un sistema lógico de asociación entre recursos/actividades y actividades/productos.....	170
3.2.5. Fase 5: Cálculo del coste de los productos y resultados.....	176
3.3. CONTROL DE LA GESTIÓN A TRAVÉS DE UN CUADRO DE MANDO INTEGRAL	180
3.3.1. Establecimiento de la estrategia y definición de los objetivos.....	184
3.3.2. Cuantificación de los factores clave a través de indicadores.....	186
3.3.2.1. Perspectiva medioambiental, comunidad y usuario.....	187
3.3.2.2. Perspectiva de proceso interno.....	190
3.3.2.3. Perspectiva de mejora y aprendizaje.....	193
3.3.2.4. Perspectiva financiera.....	194
3.3.3. Cálculo y análisis de las desviaciones.....	195

	<i>Págs.</i>
3.4. APLICACIÓN EMPÍRICA DEL MODELO DE CÁLCULO DE COSTES Y GESTIÓN PROPUESTO	196
3.4.1. Presentación de la aplicación de simulación (GECO).....	196
3.4.2. Determinación del caudal a tratar.....	199
3.4.3. Fase 1: Identificación, clasificación y descripción de outputs.....	201
3.4.4. Fase 2: Definición de las operaciones de producción y de las actividades.....	203
3.4.5. Fase 3: Relación de recursos y consumo por actividad.....	207
3.4.5.1. Inmovilizado.....	208
3.4.5.2. Mano de obra.....	211
3.4.5.3. Productos de tratamiento.....	213
3.4.5.4. Energía.....	214
3.4.5.5. Transporte y canon.....	215
3.4.5.6. Conservación y mantenimiento.....	216
3.4.5.7. Sociales.....	217
3.4.5.8. Otros servicios.....	218
3.4.6. Fase 4: Conexión entre recursos y outputs a través de actividades.....	218
3.4.6.1. Asociación recurso-actividad.....	219
3.4.6.2. Distribución del coste de las actividades principales entre las auxiliares.....	223
3.4.7. Fase 5: Determinación de los costes y análisis de los resultados.....	230
3.4.7.1. Simulación 1: Tratamiento independiente de los costes de infraestructura.....	237
3.4.7.2. Simulación 2: Consideración de la actividad “Tratamiento de fangos” como principal.....	239
3.4.7.3. Simulación 3: Consideración de la actividad “Cogeneración” como principal.....	240
Anexo 3.1. Relación de actividades.....	241
Anexo 3.2. Relación de recursos.....	243
Anexo 3.3. Desviación portadores de recursos.....	247
Anexo 3.4. Recursos consumidos por actividad.....	265
Anexo 3.5. Desviación portadores de actividad.....	273
Anexo 3.6. Coste total por actividad.....	277

CAPÍTULO 4

REFLEJO DEL COSTE DEL PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA TASA DE SANEAMIENTO

INTRODUCCIÓN	280
4.1. CONCEPTO Y OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS TARIFARIOS	282

	<i>Págs.</i>
4.1.1. Financiación de las obras hidráulicas.....	283
4.1.2. Objetivos y fases en el diseño de un modelo tarifario.....	285
4.2. MODELOS DE SISTEMAS TARIFARIOS DE SERVICIOS PÚBLICOS.....	288
4.2.1. Tipos de sistemas tarifarios.....	292
4.2.2. Cálculo de tarifas.....	299
4.2.3. Contribución de los sistemas tarifarios a la eficiencia en el consumo de agua.....	301
4.3. TASA DE SANEAMIENTO.....	304
4.3.1. Precios públicos y tasas.....	305
4.3.2. Cálculo de la tasa de saneamiento.....	307
4.3.3. Inconvenientes asociados al cálculo de la tasa de saneamiento.....	309
4.3.3.1. Estimación de la cantidad de agua a depurar.....	309
4.3.3.2. Estimación del grado de contaminación.....	311
4.3.3.3. Existencia de subvenciones que esconden el verdadero coste del proceso.....	312
4.4. PROPUESTA DE UN MODELO TARIFARIO PARA EL CÁLCULO DE LA TASA DE DEPURACIÓN.....	314
4.4.1. Fijación de objetivos.....	316
4.4.2. Diseño del modelo tarifario.....	317
4.4.2.1. Recuperación de costes.....	324
4.4.2.2. Ahorro de agua.....	325
4.4.2.3. Apoyo a políticas y técnicas anticontaminantes.....	326
4.4.2.4. Transparencia informativa.....	327
Anexo 4.1. Estructura de la taifa doméstica de los municipios de la isla de Tenerife.....	329

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

INTRODUCCIÓN.....	332
1. CONCLUSIONES.....	332
1.1. Conclusiones referidas al diseño y desarrollo del modelo de costes y de gestión propuesto.....	333
1.1.1. El agua, un recurso que exige un cambio en su filosofía de gestión.....	333
1.1.2. La obtención del agua regenerada como nuevo recurso hidrológico.....	334
1.1.3. La filosofía del modelo ABC como respuesta a las necesidades de gestión en la planificación hidrológica.....	335
1.1.4. Importancia de la tasa de depuración como sistema de autofinanciación del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales.....	336
1.2. Conclusiones referidas a los resultados obtenidos de la aplicación empírica del modelo de costes y gestión propuesto.....	338
2. APORTACIONES PRINCIPALES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	339
3. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	341

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	344
--	------------

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El medio ambiente definido como *el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas*¹, y del que dependemos totalmente, ha venido soportando, de forma creciente, serios ataques por parte del ser humano que han puesto en peligro la continuidad de muchas especies.

Tal y como establece Jacobs (1997) la biosfera, que es la parte de la corteza terrestre donde se desarrolla la vida, lleva a cabo tres funciones fundamentales:

- Proporciona recursos, que a su vez se transforman obteniendo los bienes necesarios para vivir.
- Absorbe los residuos que se generan en los procesos productivos.
- Aporta servicios de disfrute del entorno natural.

Para poder conseguir un equilibrio ecológico es necesario que exista una adecuada coordinación entre estas tres funciones, de manera que si se utilizan más recursos de los que es capaz de generar el planeta o, por el contrario, si se producen más residuos de los asimilables por la naturaleza se crearán alteraciones negativas del medio ambiente.

Víctima de esta delicada interacción, el agua dulce es uno de los recursos naturales que más ha sufrido los efectos de una gestión descontrolada y sin medida que ha provocado importantes deterioros en nuestras reservas hídricas.

Nos ha tocado vivir una época en la que la necesidad de gestionar de forma eficiente los recursos hidrológicos disponibles se ha convertido en una auténtica cruzada de cuyo éxito depende la continuidad de la vida en el planeta.

¹ Definición de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente en Estocolmo de 1972.

Este trabajo nace como respuesta a la necesidad percibida, por parte de este equipo de investigación, de encontrar nuevas herramientas capaces de gestionar de forma óptima un recurso que el Preámbulo de la Ley de Aguas de 1985 define como:

- ✓ *Indispensable* para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de las actividades económicas.
- ✓ *Irreemplazable y no ampliable* por la mera voluntad del hombre.
- ✓ *Irregular* en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio.
- ✓ Fácilmente *vulnerable y susceptible de usos sucesivos*.

Para ello hemos analizado todo el ciclo del agua, hemos consultado manuales de química, física, geología, hidrología,... hemos hablado con múltiples especialistas en esta materia, hemos visitado galerías, pozos, depuradoras,... hemos devorado con entusiasmo todo lo que caía en nuestras manos y tenía que ver con el agua.

En definitiva, hemos descubierto un mundo oculto y apasionante que nos ha permitido salir de edificios y despachos cerrados para confirmar algo que ya Marshall nos había adelantado en 1920, y es que la economía está más cerca de la biología que de otras ciencias.

Partidarios, por lo tanto, de esta complicidad entre economía y naturaleza, acometemos el presente trabajo de investigación con la intención de encontrar una nueva vía de comunicación entre ambas disciplinas.

Concretamente pretendemos incorporar la experiencia de la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión al complejo entorno hidrológico. En este sentido el propio Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas (ICAC, 1999)² recomienda el diseño y la aplicación de sistemas de costes que permitan, entre

² Introducción a las Normas de Adaptación del Plan General de Contabilidad a las Empresas del Sector de Abastecimiento y Saneamiento de Agua.

otras cosas, una mayor transparencia en la gestión de los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua.

Somos conscientes del carácter multidisciplinar que envuelve cualquier tema relacionado con este recurso, quizás de ahí derive su atractivo, por lo tanto, y tal y como ya adelantábamos anteriormente, para poder hablar y escribir de AGUA hemos tenido que “bucear en un vasto océano” del que desconocíamos absolutamente todo.

Precisamente, las más de 300 páginas que se presentan a continuación se apoyan en este trabajo oculto, pero necesario, al que sin duda hemos dedicado la mayor parte del tiempo invertido en esta tesis doctoral.

Nos gustaría que el lector nos acompañase, a través de los cuatro capítulos que componen el grueso de este trabajo, en lo que ha sido la lógica de razonamiento que nos ha guiado y que, en definitiva, hemos intentado trasladar al papel.

Concretamente en el primer capítulo trataremos de resumir, en pocas páginas, el proceso de descubrimiento, al que antes hacíamos referencia, de una problemática que en definitiva nos incumbe a todos y sus posibles soluciones.

Entre las diversas alternativas hidrológicas que existen a la hora de aliviar la presión que están sufriendo los sistemas tradicionales de obtención de agua, la reutilización del agua residual supone, sin duda, un aumento importante de la oferta hídrica dentro de los programas de sustitución que se recomiendan en la gestión de la demanda.

Esta consideración nos ha llevado a reflexionar sobre la necesidad de diseñar un nuevo modelo económico y social de gestión del agua que reconozca en el agua regenerada un nuevo recurso, capaz de “*hacer practicable el paso desde la economía de la obra hacia la economía del recurso*” (Naredo, 2003:24).

En función de esta necesidad estamos convencidos del potencial que ofrece la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión a la hora de dar una respuesta correcta y fundamentada a esta problemática y que, de esta forma, incorpora su experiencia, sobre todo en la producción industrial, al amplio y complejo mundo del agua.

Una vez delimitado el campo de trabajo sobre el cual hemos creído conveniente centrarnos describiremos, en el segundo capítulo, la metodología que hemos considerado más adecuada en función de la problemática detectada y de los objetivos específicos planteados.

Concretamente, propondremos un modelo de costes y de gestión adaptado al proceso de depuración y reutilización de aguas residuales con el que pretendemos:

- 1.** Reconocer en el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales una actividad industrial de la cual se obtienen dos productos distintos; agua depurada y agua regenerada. Ambos con repercusiones medioambientales bien diferentes y que, por lo tanto, es fundamental cuantificar por separado.
- 2.** Obtener un coste aproximado para cada operación de producción, de forma que se favorezca la toma de decisiones interna y nos permita realizar comparaciones sólidas con respecto a otras alternativas hídricas.
- 3.** Contar con unos indicadores de gestión que sirvan como guía a la hora de garantizar la buena marcha del proceso.
- 4.** Diseñar una estructura tarifaria racional para esta actividad en concreto, que permita, entre otras cosas, una recuperación íntegra de los costes que intervienen en un proceso de estas características, una gestión eficaz de la demanda y un apoyo a técnicas anticontaminantes.
- 5.** Ofrecer al cliente una información detallada sobre la forma en la que se invierte el dinero que aporta como tasa de depuración, con el objeto de que

se pueda sentir partícipe de este proceso y tome conciencia de la importancia que adquiere la reutilización como alternativa hidrológica.

6. Y por último, detectar aquellos aspectos que merezcan especial esfuerzo, con el fin de traducir estos requerimientos en opciones de investigación futuras que posibiliten una mejor gestión del propio proceso.

Con el fin de alcanzar las metas propuestas hemos optado por aplicar el estudio de un caso como método de investigación. Esto nos ha permitido conocer de cerca el proceso de transformación del agua residual, analizar los distintos elementos de coste que intervienen, sus fases, sus productos y subproductos,... aspectos fundamentales a la hora de diseñar cualquier modelo de costes.

Una vez desgranado el proceso objeto de estudio se han analizado las distintas alternativas de cálculo que facilita la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión lo que nos ha permitido diseñar un modelo específico para nuestro caso.

El tercer capítulo lo dedicaremos a desarrollar el modelo propuesto, identificado como un HPC (Hybrid Process Costing), entendido como una técnica de gestión sustentada en el enfoque que defiende el Sistema de Costes basado en las Actividades pero con un tipo de organización de datos híbrida.

Para ello estructuraremos el proceso de cálculo en una serie de etapas, y además, confeccionaremos un Cuadro de Mando Integral adaptado al caso de estudio, que permitirá llevar a cabo un control exhaustivo de dicho proceso.

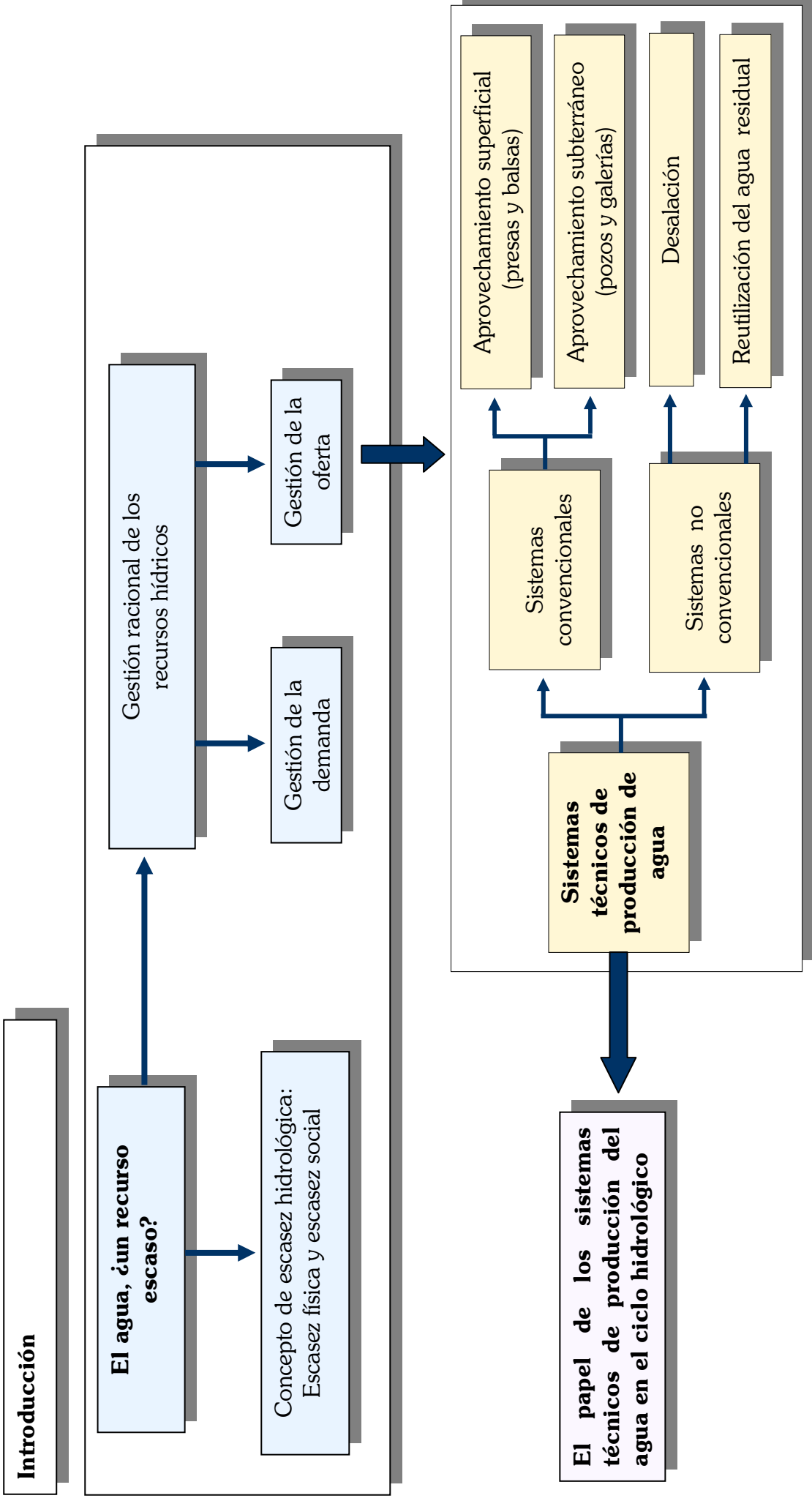
En el último apartado de este capítulo trataremos de aplicar el modelo diseñado al proceso concreto que nos ha servido para realizar el estudio. Con el objeto de facilitar los cálculos hemos confeccionado una aplicación informática, que hemos denominado GECO (Gestión y Costes), y que ha sido empleada como herramienta de simulación.

Concretamente, y dentro del último apartado de este tercer capítulo, incluiremos alguna de las simulaciones cuyos resultados nos han parecido más interesante y que, al mismo tiempo, permiten demostrar la versatilidad que ofrece la aplicación desarrollada.

Finalmente, en el cuarto capítulo se estudiará la forma de trasladar al exterior el modelo desarrollado al objeto de buscar instrumentos que permitan sostener financieramente la reutilización de aguas residuales, de acuerdo con la sugerencia que hace la Directiva Marco del Agua sobre la necesidad de poner en marcha sistemas de financiación dirigidos hacia la recuperación íntegra de los costes relacionados con los servicios, tanto de abastecimiento como de saneamiento de agua.

Con el fin de facilitar al lector el seguimiento de esta tesis que, sin lugar a dudas es resultado de un largo proceso de asimilación y maduración de conceptos, incluimos a continuación unos esquemas a través de los cuales se pretende representar gráficamente la lógica de razonamiento sobre la que se sostienen cada uno de los grandes bloques que componen este trabajo.

CAPÍTULO 1: LA ECONOMÍA DEL AGUA: EL PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES COMO SISTEMA DE RACIONALIZACIÓN HIDROLÓGICO



La reutilización de aguas residuales como sistema de racionalización hidrológico

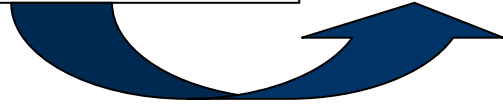


Desalación versus reutilización

Potencial de reutilización de los usos no consuntivos

Consideraciones económicas y sociales

Necesidad de un nuevo modelo económico y social de gestión del agua



CAPÍTULO 2: PROPUESTA DE UN MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN ADAPTADO AL PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Introducción

Metodología de la investigación: Estudio de un caso

.- Justificación del método de investigación.

- Selección del caso

Proceso de depuración y reutilización de aguas residuales de la EDAR de Santa Cruz de Tenerife

Descripción Técnica del proceso

- ✓ Línea de Aguas
 - Pretratamiento
 - Tratamiento primario
 - Tratamiento secundario
 - Tratamiento terciario
- ✓ Línea de Fangos
- ✓ Vertido
- ✓ Reutilización

Consideraciones previas al diseño de un modelo de costes y de gestión adaptado a un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales

El agua como objetivo de coste

Problemática asociada al cálculo del coste del agua depurada

Deficiencias de los modelos de cálculo de coste aplicados en los procesos de depuración y reutilización de aguas residuales

Herramientas doctrinales de cuantificación de costes y control de la gestión

Alternativas de cálculo:

- ✓ Sistemas de coste de nivel 1
- ✓ Sistemas de coste de nivel 2
- ✓ Sistemas de coste de nivel 3

Modelos de costes tradicionales o nuevos modelos de coste

Propuesta de un modelo de cálculo de costes y de gestión adaptado a un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales

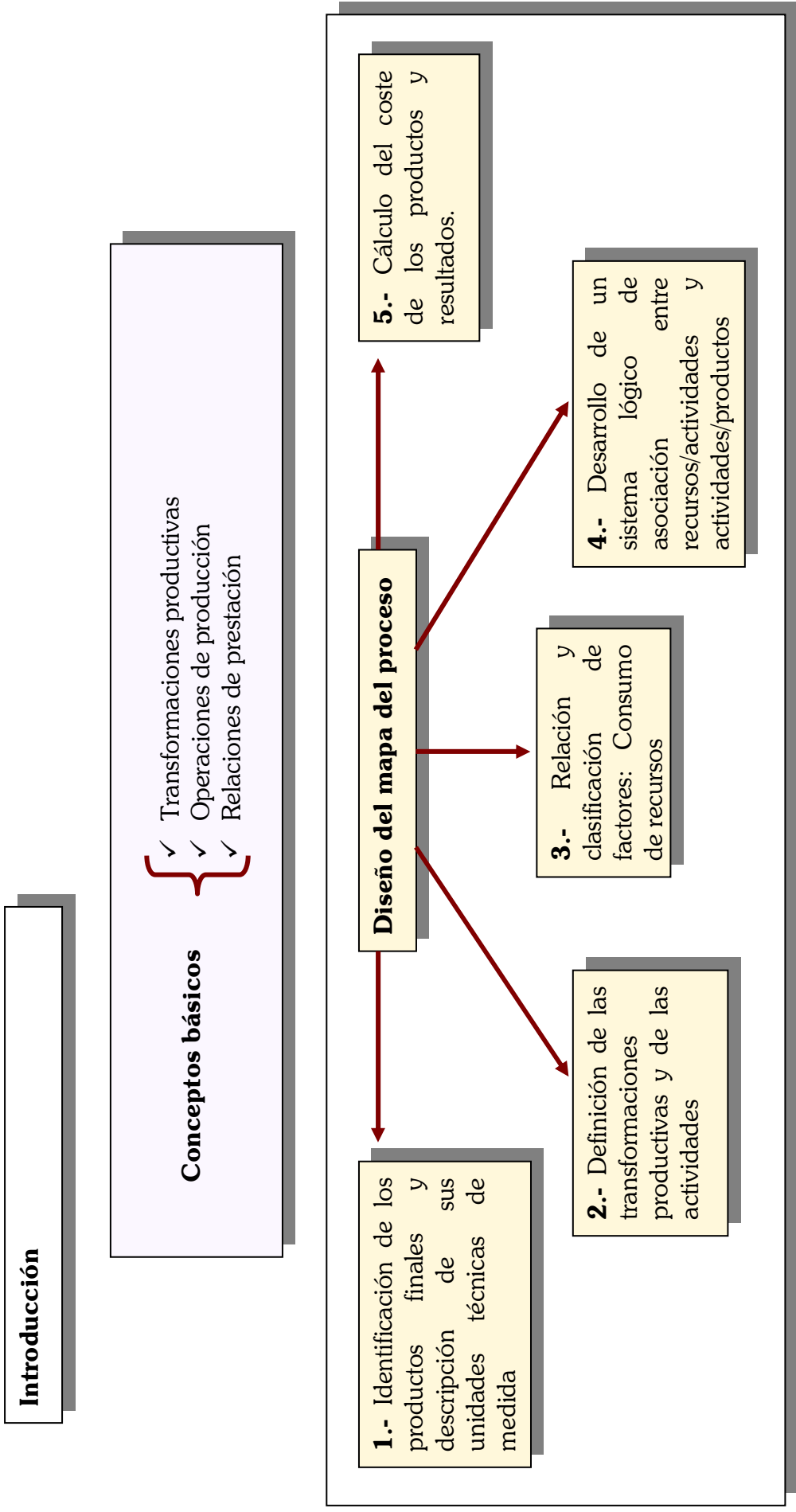
Objetivos planteados e información de costes requerida

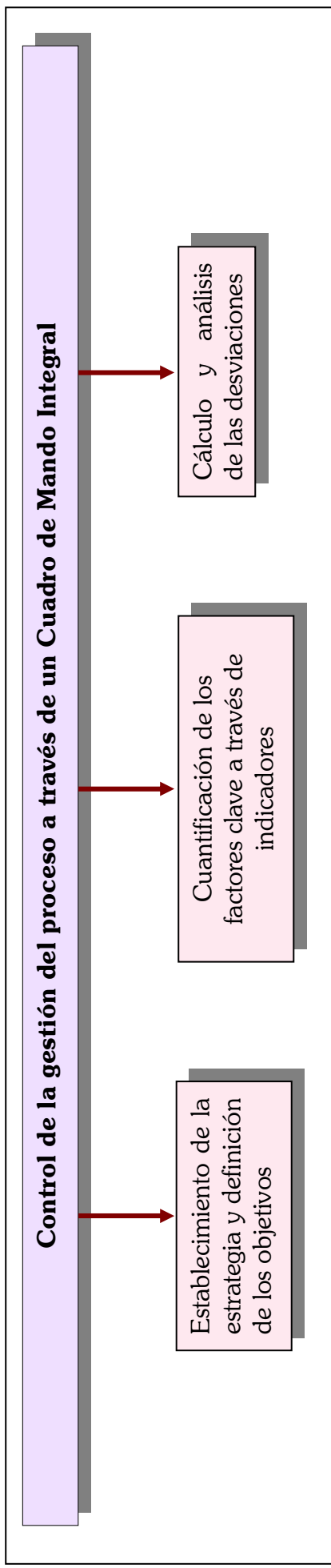
Selección de las alternativas de cálculo

Diseño del modelo

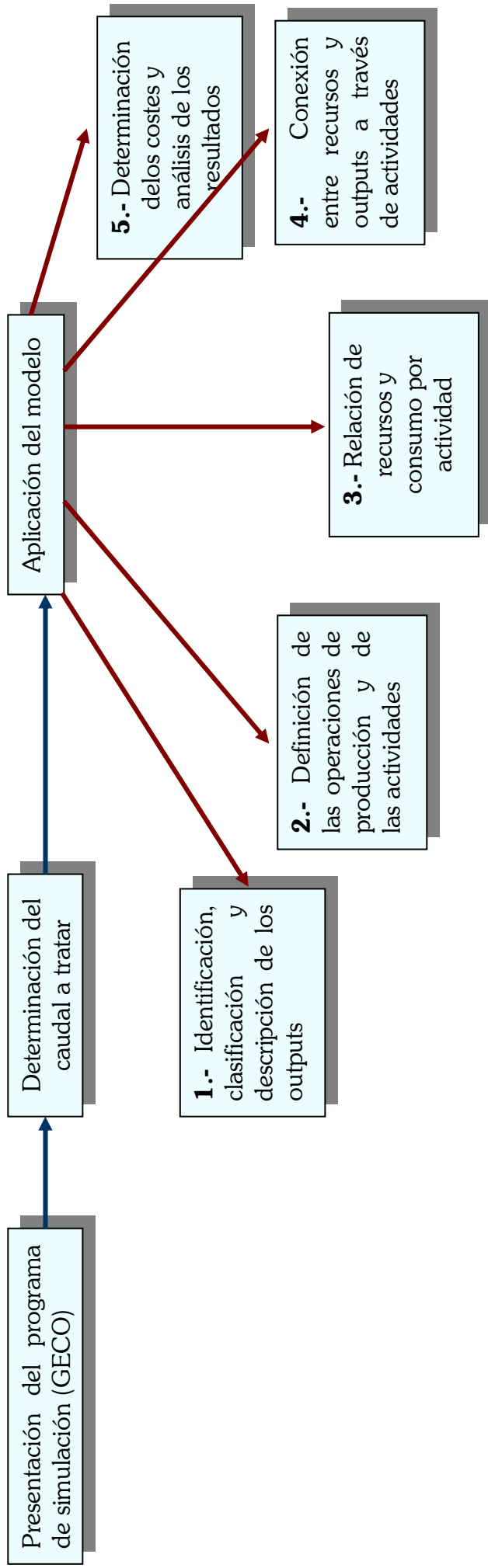
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL MODELO DE CÁLCULO DE COSTES Y DE GESTIÓN

PROPUESTO

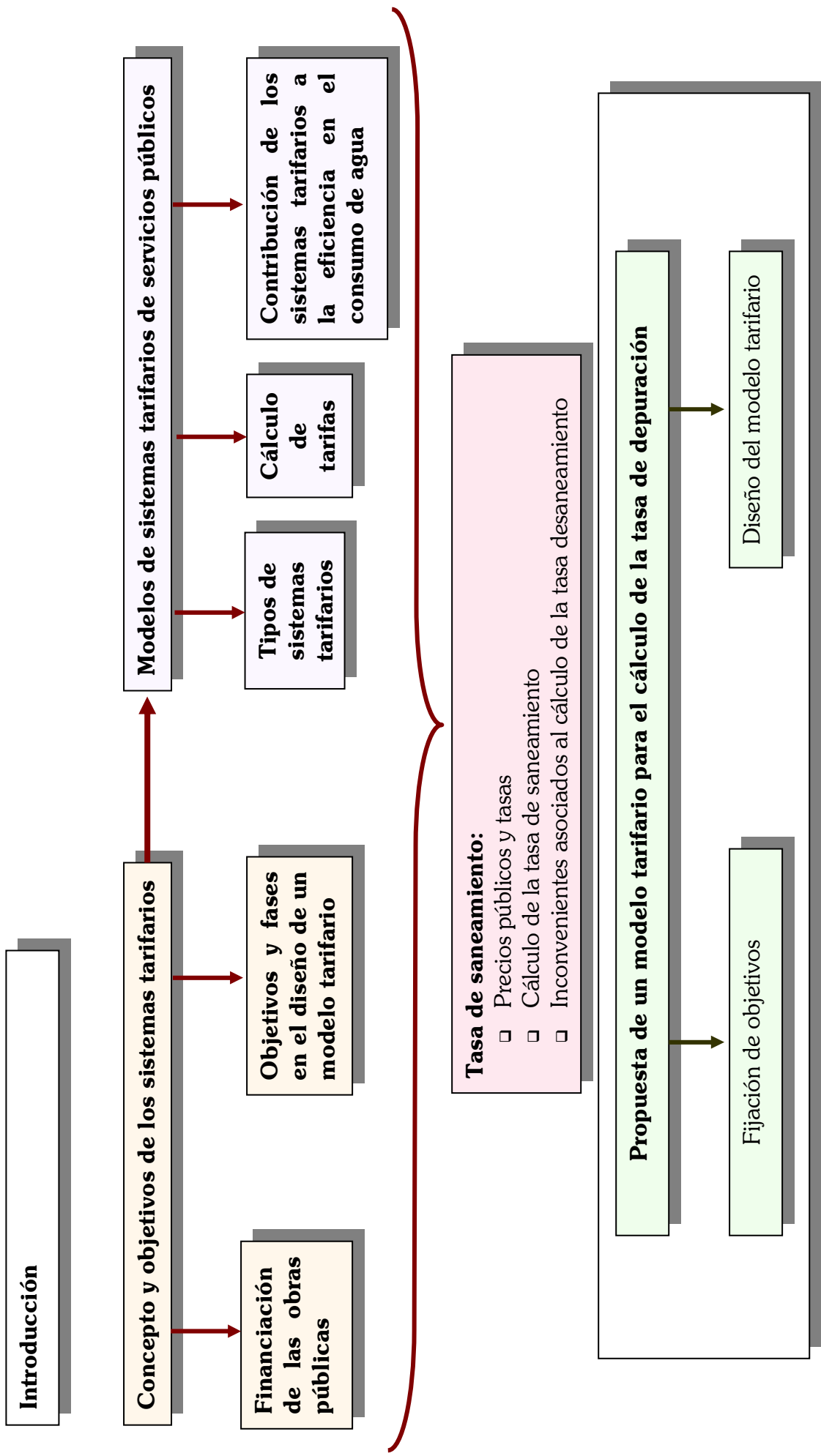




Aplicación empírica del modelo de cálculo de coste y gestión propuesto



CAPÍTULO 4: REFLEJO DEL COSTE DEL PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA TASA DE SANEAMIENTO



CAPÍTULO 1

**LA ECONOMÍA DEL AGUA: EL PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN
DE AGUAS RESIDUALES COMO SISTEMA DE RACIONALIZACIÓN
HIDROLÓGICO**

INTRODUCCIÓN

A través de este Capítulo trataremos de justificar la razón de ser de este trabajo de investigación con el cual pretendemos aportar respuestas, desde el punto de vista de la Contabilidad de Costes y de Gestión, a la problemática que acompaña cualquier intento de planificación racional de los recursos hídricos.

En estas páginas reflexionaremos sobre el concepto de escasez hidrológica y analizaremos las dos herramientas de las que disponemos con el fin de mitigar sus efectos; la gestión de la oferta y de la demanda. Precisamente el reto en materia hidrológica es alcanzar un equilibrio entre estos dos conceptos de forma que se consiga optimizar el uso de los recursos hídricos.

Este objetivo nos lleva a examinar los distintos sistemas técnicos de producción de agua, tanto convencionales como no convencionales, y el papel que juegan dentro del ciclo hidrológico con el fin de detectar aquel procedimiento que resulte más acorde con la filosofía que defiende la *nueva cultura del agua*³.

Entre las distintas opciones de obtención de agua la posibilidad de cerrar de forma industrial el ciclo hidrológico, por medio de la depuración y reutilización de aguas residuales, nos parece la alternativa más coherente si lo que se pretende es poner en marcha un sistema de gestión eficaz dirigido a preservar los ecosistemas acuáticos y, consecuentemente garantizar, en cierta medida, la disponibilidad de agua.

El beneficio que aporta este proceso es doble; por un lado permite eliminar parte de los elementos contaminantes que lleva el agua residual antes

³ “Hablar sobre la necesidad de una Nueva Cultura del Agua es tanto como hablar sobre el reto de esa Nueva Cultura de la Sostenibilidad que los tiempos exigen; es hablar sobre la necesidad de asumir un nuevo enfoque holístico e integrador de valores en materia de gestión de aguas. Sin duda, la tradicional política hidráulica se queda hoy corta para recoger las necesidades e inquietudes de nuestra sociedad y dar adecuadas respuestas a los retos que se derivan del nuevo paradigma de la sostenibilidad...” , en <http://www.unizar.es/fnca/presentacion1.php>. Para profundizar más sobre este concepto ver Aguilera (2002).

de ser vertida al medio y, en segundo lugar, supone un importante potencial de agua sobre todo en aquellas regiones en las que los factores geoclimáticos son adversos y las alternativas de aprovechamiento, tanto superficiales como subterráneos, están mermadas.

Los beneficios que en materia hidrológica nos ofrece la reutilización del agua residual, no siempre reconocidos, exigen una revisión de los patrones de gestión actualmente existentes, con el fin de diseñar un nuevo modelo económico y social que reconozca esta nueva noción de recurso.

En este sentido, estamos convencidos de las posibilidades que ofrece la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión a la hora de dar una respuesta correcta y fundamentada a esta cuestión que, de esta forma, incorpora su experiencia, sobre todo en la producción industrial, al amplio y complejo mundo del agua.

1.1. EL AGUA, ¿UN RECURSO ECONÓMICO ESCASO?

Cuando decimos que algo es escaso nos referimos a que ese algo es poco, limitado e incluso insuficiente para subsistir, sin embargo si buscamos la definición de la palabra AGUA en el Diccionario de la Real Academia Española leeremos;

*“Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el **componente más abundante de la superficie terrestre** y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.”*

Entonces si el agua es el “*componente más abundante de la superficie terrestre*”, ¿porqué decimos que es escasa?. Con el fin de aclarar esta

contradicción y lejos de llevarnos por expresiones tópicas que sólo consiguen enmascarar el verdadero problema hidrológico creemos prudente empezar este trabajo reflexionando sobre el concepto de escasez hidrológica sobre el que, en definitiva, gira el desarrollo de esta investigación.

1.1.1. Concepto de escasez hidrológica: escasez física y escasez social

Reconocemos que el agua es el “*bien más singular de nuestro hermoso Planeta Azul*”⁴, puesto que a pesar de ser el recurso más **abundante** también es el más **escaso**. Del agua existente en la superficie terrestre un 97% forma parte de los océanos y sólo el 3% restante es agua dulce⁵. De esta mínima cantidad de agua dulce un 69% se encuentra atrapada en los polos y en los glaciares, un 30% yace bajo tierra a menudo a profundidades inaccesibles, y sólo un 1% queda disponible⁶ directamente para el consumo humano.

Es decir que si pudiéramos guardar toda el agua de la Tierra en un recipiente de 10 litros, veríamos que el agua dulce aprovechable, al menos de forma inmediata, cabría en una sola cuchara.

⁴Primero de los Diez Mandamientos de la Nueva Cultura del Agua, publicados a raíz de la celebración del II Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión del Agua que tuvo lugar en Portugal en noviembre del año 2000.

⁵ La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó al año 2003 como el Año Internacional del Agua Dulce, invitando a los Estados miembros, al Sistema de Naciones Unidas y a todos los demás agentes involucrados a “*sacar partido al año para incrementar la conciencia sobre la importancia del agua dulce y a promover acciones a nivel local, nacional, regional e internacional*”.

⁶ El concepto de “disponible” varía mucho de unas áreas geográficas a otras: mientras que en unas zonas el proceso de obtención de agua se limita a abrir un grifo, en otras puede ocupar más de la mitad de la jornada laboral. Tal y como reconoce Barkin (2001:11) en algunas partes de México las mujeres dedican hasta la tercera parte de su día laboral a la obtención de agua.



Sin embargo este pequeño porcentaje ha sido percibido, hasta hace bien poco, como ilimitado siendo víctima de una gestión irracional que ha provocado que, en muchas partes del planeta, se requiera más agua de la que es capaz de suministrar la naturaleza para ser usada directamente.

Esta situación, definida por Moral (2001:203) como de “*hidrológicamente dramática*”, se ha convertido en la principal preocupación de muchos países⁷. Bruzzone (2003) coloca a los países europeos en una escala, que va de grave a crítico, convirtiéndose en una situación alarmante en países como España, sur de Italia, Grecia y los Balcanes, parte de Holanda, Alemania, Países Bajos e Inglaterra, pasando a considerarse como grave en el resto de países.

Con el fin de superar este “contratiempo hídrico” se ha optado por ampliar la noción de recurso compensando el efecto de una serie de pautas de uso mal aprendidas e imposibles de sostener, desde un punto de vista tanto económico como social, con la creación de nuevos sistemas de producción de agua.

⁷ Chipre (Socratous, 2001), Malta (Azzopardi, 2001), Cerdeña (Sistu, 2001), Israel (Shamir, 2001). De hecho, actualmente 26 países del mundo sufren problemas de escasez (300 millones de personas), y la previsión para el año 2050 es que sean 66 países los afectados por la escasez (en <http://hispaqua.cedex.es>).

De hecho, Martínez (1997:54) afirma que *“existe actualmente tecnología suficiente para que jamás en nuestro país, con la infraestructura hidráulica que ya posee, se puedan crear situaciones de penuria de agua en relación con las necesidades básicas”*.

Sin embargo estos avances tecnológicos en materia hidrológica se convierten en un arma de doble filo, puesto que *“gracias a la oferta de la tecnología nuestras apetencias han crecido sin moderación ni albedrío”* (Martínez, 1997:55-56).

Por lo tanto, este mismo autor reconoce que *“la escasez del agua, entendida como tal la limitación a su disponibilidad, se plantea únicamente cuando pretendemos seguir manteniendo determinadas pautas de uso, consumo, coste y degradación que no son ya sostenibles, tanto por razones económicas como de gestión. Es entonces cuando, lejos de hacer examen de conciencia sobre nuestro impropio, inculpamos de nuestro mal hacer al agua y a la naturaleza, diciendo que es un bien escaso y, además, mal repartido”*.

En esta línea, Aguilera (1994:123) distingue entre escasez física y escasez social. Ambas hacen alusión a la falta de recursos hídricos, pero la primera es consecuencia de una serie de condicionantes geoclimáticos adversos, mientras que la segunda se refiere a la *“existencia de un comportamiento despilfarrador o poco eficiente desde un punto de vista social, económico y técnico”*. En palabras de Martínez (1997:32) *“nos falta más cultura y sensibilidad que agua”*.

En las siguientes líneas trataremos de plantear las opciones que se nos presentan a la hora de paliar el desequilibrio hídrico existente entre stock y consumo de agua al que hemos hecho alusión en este apartado y que exige, sin duda, una gestión racional de los recursos hídricos disponibles.

1.1.2. Gestión racional de los recursos hídricos

Tal y como se reconoce en el Preámbulo de la Ley de Aguas de 1985, el agua es un bien, *“indispensable para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de las actividades económicas; es irremplazable, no ampliable por la mera voluntad del hombre, irregular en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos”*.

Por lo tanto, si pretendemos poner en marcha un sistema integral de gestión y planificación adaptado a las características propias de este bien, habrá que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El agua es un bien indispensable e insustituible para la vida, del que, sin embargo, no se conoce con certeza su disponibilidad real.
- Se ha definido como un recurso indivisible, por lo que su explotación implica decisiones que repercuten en una gran cantidad de colectivos.
- El uso de los recursos hídricos produce grandes externalidades⁸, tanto positivas como negativas, que son fundamentales tener en cuenta a la hora de planificar su gestión.
- Su condición de “esencial” hace que la demanda de agua sea bastante inelástica a la variación de los precios, al menos hasta niveles considerados como básicos.

En definitiva, el producto agua es el resultado de la puesta en marcha de un macro proceso natural muy complejo que requiere, tal y como afirma Martínez (1997: 33), el diseño de un sistema de gestión especial, apoyado en *“la cultura, el conocimiento y la sensibilidad”*.

⁸ Se denomina externalidad o efecto externo a cualquier coste o beneficio que acaba siendo soportado por aquellos que nada tienen que ver con él.

Dentro de esta inquietud, podríamos decir que los planes de actuación que se diseñan, con el objeto de gestionar de forma racional el complejo mundo del agua, pueden ir dirigidos, básicamente, hacia la demanda y/o hacia la oferta. Naredo (2003:32) habla de políticas de gestión del agua y políticas de promoción de obras públicas para referirse a estas dos opciones, añadiendo que mientras que la primera es *“más económica, más sostenible, pero políticamente más laboriosa”* la segunda resulta *“más despilfarradora, más insostenible, pero políticamente más fácil de implementar”*.

1.1.2.1. Gestión de la demanda

Los problemas hídricos a los que se enfrentan muchas áreas de nuestro planeta han incitado a abandonar los enfoques tradicionales de gestión del agua basados en la explotación incontrolada de los sistemas de captación.

Como alternativa han surgido, en varios países desarrollados, políticas encaminadas a planificar el uso y la conservación de este recurso recogidas bajo la denominación de *gestión de la demanda*⁹.

El concepto de Gestión de la Demanda de Agua *“comprende el conjunto de actividades que permiten reducir la demanda de agua, mejorar la eficiencia en el uso y evitar el deterioro de los recursos hidráulicos”* (Estevan, 2000:145).

Actualmente se han puesto en marcha multitud de técnicas que, de una forma u otra, pretenden colaborar en una mejor gestión del agua a través del fomento del ahorro. Técnicas que van desde la modernización y mejora de las infraestructuras, tanto en lo que se refiere a los procesos de captación y

⁹ Arrojo y Naredo (1997:63) consideran que el término “demanda” puede llevar a confusión, *“al tratarse de un concepto económico que debería estar ligado a ciertas variables, como el precio, que en el caso del agua están generalmente fuera de escena... Por ello, en las condiciones actuales sería más propio hablar de nivel de uso o expectativa de uso”*.

transporte del agua, hasta el desarrollo de programas educativos con el objeto de crear un hábito de uso racional en el consumo de agua¹⁰.

En definitiva, y dentro de este interés por marcar unas pautas de actuación que permitan gestionar la demanda de forma óptima¹¹, podemos distinguir cuatro frentes de acción: infraestructura, ahorro, eficiencia y sustitución.

Las tareas que se incluyen en los programas de *infraestructuras* se centran básicamente en:

- Reparación de redes y eliminación de fugas.
- Localización y eliminación de tomas ilegales.
- Universalización de contadores individuales.
- Reducción de presiones de suministros.
- Gestión informatizada de redes.

En cuanto a los programas de *ahorro*, sus acciones son de dos tipos, por un lado, las que tratan de estimular el ahorro voluntario de agua reforzando la conciencia ciudadana, y por otro, los que actúan sobre las tarifas de agua para disuadir el despilfarro.

Los programas de *eficiencia* van dirigidos a promover la reducción del consumo de este recurso mediante la incorporación de modificaciones técnicas en los equipos y dispositivos de consumo. Aunque su campo de actuación es muy variado, podemos reconocer tres grandes centros de interés: doméstico, industrial y comercial y de exterior¹².

¹⁰ Ver Búrdalo, 2000.

¹¹ Ver Velásquez (2005).

¹² Jardinería, fundamentalmente.

Por último, a través de los programas de *sustitución* se pretende fomentar la utilización de agua que, tradicionalmente no se consideraba como opción¹³, para ciertos usos, evitando de esta forma el consumo de agua blanca¹⁴.

En el *Cuadro 1.1*, que figura a continuación, se incluye el consumo de agua, en litros/habitante/día, por Comunidad Autónoma durante el año 2001, estando la media nacional en 160 litros/habitante/día de agua para uso urbano.

CUADRO 1.1
CONSUMO MEDIO URBANO DE AGUA EN ESPAÑA,
LITROS/HABITANTE/DÍA, AÑO 2001

Comunidad	L/h/d	Comunidad	L/h/d	Comunidad	L/h/d	Comunidad	L/h/d
Baleares	124	Navarra	147	Ceuta y Melilla	158	Cantabria	174
Galicia	124	Murcia	151	Extremadura	169	Andalucía	181
Canarias	135	País Vasco	151	Madrid	171	Cataluña	184
Rioja	143	Asturias	155	Aragón	174	Castilla-La Mancha	200
Castilla-León	146	C. Valenciana	156				

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística.

Al observar estos datos vemos que Baleares, Galicia y Canarias son las Comunidades Autónomas cuyo consumo de agua por habitante y día fue menor durante el período analizado, situándose los mayores consumos en Castilla-La Mancha, Cataluña y Andalucía, lo que demuestra, analizando las diferencias existentes entre estas regiones que aún se puede hacer mucho en lo que a gestión de la demanda se refiere.

De hecho, los resultados que se pueden obtener con la adopción de medidas tan simples como la instalación de sanitarios eficientes, dentro del ámbito doméstico (Búrdalo, 2000), son realmente sorprendentes. Sirva de ejemplo el caso que comentan Arrojo y Naredo (1997:122) sobre California donde se espera que, con la puesta en marcha de una serie de campañas

¹³ Aguas residuales depuradas, aguas salobres, ...

¹⁴ Llamamos “agua blanca” al agua procedente de la escorrentía superficial o de drenajes, que se caracteriza por ofrecer grandes aportaciones intermitentes con contaminación escasa.

encaminadas a reducir la demanda de agua se consigan ahorrar unos 2.215 hm³ para el año 2020. Teniendo en cuenta que en España se consumieron, según el Instituto Nacional de Estadística, 4.804 hm³ durante el año 2001, este ahorro equivaldría a casi la mitad del agua consumida, para uso urbano, en todo el territorio español durante ese año.

1.1.2.2. Gestión de la oferta

En lo cierto estuvo aquel que dijo que “*no se valoran las cosas hasta que no se tienen*”. Es ahora cuando la problemática asociada al uso descontrolado del agua en el planeta ha hecho encender la luz de alarma y surgen conceptos como “desarrollo sostenible”¹⁵ que tratan de poner un límite a lo que hasta ahora ha sido una gestión irracional de este recurso y que advierten sobre la fragilidad de los sistemas hídricos.

Este nuevo enfoque exige la puesta en marcha de una adecuada planificación en lo que se refiere a la oferta hidrológica. Sin embargo, ya nos adelantaba Ruiz (1993) que se suele confundir la planificación hidrológica con la realización de obras destinadas a incrementar la oferta en términos absolutos y se olvida que este concepto de la planificación es mucho más amplio y debe englobar a la propia demanda y sus relaciones con la oferta.

Para Estevan y Naredo (2004:19) “*el principal problema actual no reside ya en promover nuevas obras de oferta con las que seguir alimentando usos inadecuados y despilfarradores del agua, sino en deshacer buena parte del camino erróneamente andado, recreando una cultura que ayude a aceptar el agua verdaderamente disponible en nuestro territorio y a gestionarla en régimen*

¹⁵ En 1987 la Comisión de Comercio Mundial publicó el documento “*Our common future*”, conocido como Informe Brundtland que introduce el concepto de *desarrollo sostenible* definido como aquel que responde a las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras.

de escasez apoyada ahora, no tanto en limitaciones físicas, como en consideraciones económicas, sociales y ecológicas”.

También Viñuales (2004) atribuye el éxito de una gestión eficiente del agua a la creación de un nuevo contexto situacional en el que convivan ahorro y planificación óptima de la oferta.

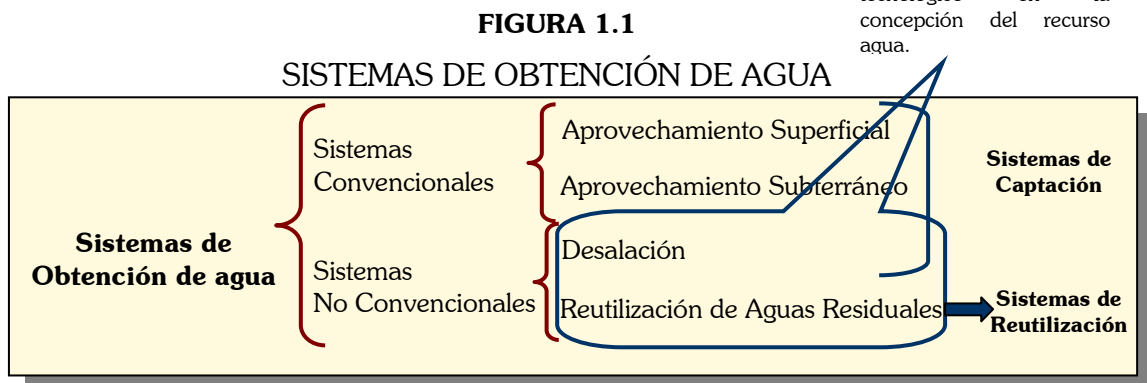
De acuerdo con esta necesidad de buscar un equilibrio entre oferta y demanda haremos, en el siguiente apartado, un recorrido por las distintas alternativas de obtención de agua que existen para, después, identificar el papel que ocupa cada una de ellas en el ciclo hidrológico.

Nuestra intención es participar en el cambio de reglas, que reclama Naredo (2003:24), *“para hacer practicable el paso desde la economía de la obra hacia la economía del recurso”.*

1.2. SISTEMAS TÉCNICOS DE PRODUCCIÓN DE AGUA

Fundamentalmente podemos agrupar, según se refleja en la *Figura 1.1*, los distintos sistemas de obtención de agua en dos grandes grupos. Por un lado los sistemas convencionales, que son los más generalizados, y por otro, los no convencionales, surgidos en los últimos tiempos como alternativas industriales a las deficiencias percibidas en los sistemas tradicionales, lo que ha supuesto una ampliación de la noción de recurso hidrológico.

Surgidos debido a un cambio institucional y tecnológico en la concepción del recurso agua.

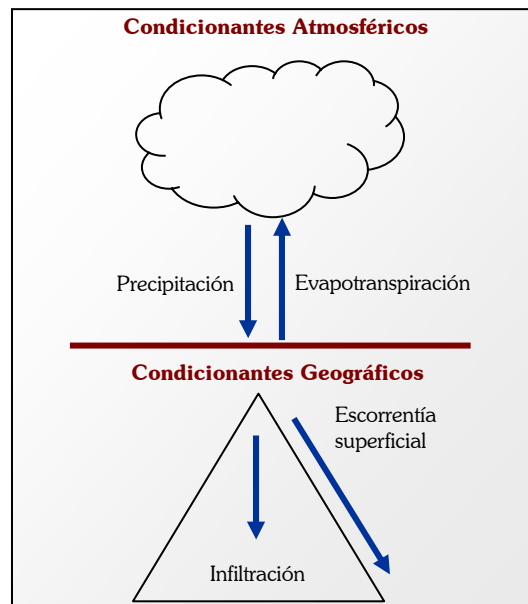


FUENTE: Elaboración propia.

1.2.1. Sistemas convencionales

Los recursos hídricos de los que se nutre el planeta tienen su origen fundamental en las precipitaciones atmosféricas. A nivel general, podríamos decir, tal y como aparece representado en la *Figura 1.2*, que del agua que cae en forma de lluvia una parte circula hacia el mar, bien a través de la superficie (escorrentía superficial) o de cauces subterráneos (infiltración) y otra, la llamada agua de evapotranspiración, retorna a la atmósfera.

FIGURA 1.2
RECURSOS HÍDRICOS



FUENTE: Elaboración propia.

Las precipitaciones y el agua de evapotranspiración dependen de las condiciones atmosféricas de una determinada región, mientras que tanto la escorrentía superficial como la subterránea son consecuencia directa de una serie de factores geográficos.

El nivel de escorrentía superficial vendrá determinado por la naturaleza del suelo, por la cantidad de vegetación que lo cubre y por su pendiente, de manera que ésta será mayor si el terreno es impermeable, fuertemente inclinado y con poca vegetación. En cambio el grado de infiltración estará en función de

la facilidad con la que el agua penetra en el terreno, que a su vez dependerá de la permeabilidad del suelo.

Los sistemas tradicionales de obtención de agua incluyen, tanto los que tratan de aprovechar el agua que cae sobre la superficie terrestre como la que se almacena en el interior de la tierra. Al primer grupo lo llamaremos *aprovechamiento superficial* y al segundo *aprovechamiento subterráneo*.

1.2.1.1. Aprovechamiento superficial

Fundamentalmente podemos hablar de dos formas de aprovechar el agua que cae sobre la superficie de la tierra; a través del uso directo del agua de lluvia, que es la forma más primitiva e inmediata, o por medio de la construcción de presas y balsas en las cuales se almacena el agua para luego ser desviada a distintos usos.

Las líneas siguientes las dedicaremos al aprovechamiento de agua que se realiza a través de presas y balsas, por ser cuantitativamente más significativo que el primero.

Las presas son muros contruidos sobre barrancos o vaguadas naturales, con el objeto de retener una corriente de agua, mientras que *las balsas* son grandes depósitos fabricados mecánicamente mediante excavación, recubiertos de hormigón o de láminas sintéticas con el fin de impermeabilizar el terreno.

La Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento de agua (AEAS, 2002) analiza el origen prioritario del agua, es decir la naturaleza de las captaciones en todo el territorio nacional, apreciando que el origen superficial supone las tres cuartas partes del total de agua disponible (76%).

Estos recursos hídricos, captados a través de presas y balsas, se distribuyen entre Comunidades Autónomas según el *Cuadro 1.2*.

CUADRO 1.2
APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL DE AGUA POR COMUNIDAD
AUTÓNOMA, EN MILES DE METROS CÚBICOS, AÑO 2001

Comunidad	Superficiales	%	Comunidad	Superficiales	%
Ceuta y Melilla	2.948	0,10	Extremadura	79.729	2,63
Canarias	12.117	0,40	Castilla-La Mancha	134.455	4,44
Baleares	16.343	0,54	Comunidad Valenciana	199.663	6,60
Navarra	41.534	1,37	Castilla y León	229.631	7,59
La Rioja	44.647	1,48	País Vasco	256.256	8,47
Aragón	51.489	1,70	Galicia	267.308	8,83
Murcia	56.327	1,86	Cataluña	341.258	11,28
Cantabria	68.636	2,27	Andalucía	525.574	17,37
Asturias	76.129	2,52	Madrid	622.459	20,57
			TOTAL	3.026.503	100

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística.

A pesar de que el aprovechamiento superficial es el más inmediato y el que aporta un agua de mayor calidad, las características orográficas de muchas zonas no facilitan la proliferación de estos sistemas, es el caso de ciertas áreas ubicadas en comunidades como Ceuta y Melilla, Canarias y Baleares.

En Tenerife, concretamente, las captaciones superficiales se enfrentan con una serie de impedimentos de tipo físico como son;

- ✓ Ausencia de corrientes continuas de agua¹⁶.
- ✓ Escasez de vasos naturales impermeables.
- ✓ Abrupta orografía que obliga a la construcción de pequeñas y costosas presas de bajo caudal que necesitan impermeabilización.
- ✓ Condiciones adversas¹⁷ del terreno.

¹⁶ Tenerife está surcada por una extensa red de barrancos de primer orden que vienen a totalizar, en su conjunto, unos 5.182 km. Sin embargo, la escasez de lluvias y la irregularidad de las mismas hacen que estos sistemas de drenaje permanezcan secos la mayor parte del año.

¹⁷ Las características volcánicas del terreno, con suelos porosos y permeables, hacen que la mayor parte del agua se infiltre en el subsuelo antes de alcanzar el mar.

A modo de ejemplo se incluye, en el *Cuadro 1.3*, una relación de los embalses localizados en la isla de Tenerife.

CUADRO 1.3
RELACIÓN DE EMBALSES EXISTENTES EN TENERIFE, AÑO 2001

Nombre	Término Municipal	Capacidad (m ³)	Construcción
Montaña de Taco	Buena Vista del Norte-Los Silos	821.739	1983-85
El Palmar	Buena Vista del Norte	16.234	1998
Teno Alto	Buena Vista del Norte	14.700	1999
Buen Paso	Icod de los Vinos	150.788	1987-90
La Florida	Icod de los Vinos	161.834	1984-86
La Tabona	La Guancha	149.241	1987-89
Los Llanos de Mesa	San Juan de la Rambla	175961	1985-87
La Cruz Santa	Los Realejos	664.705	1985-88
Barranco de Benijos	La Orotava	206.363	1985-86
Aguamansa	La Orotava	143.100	1986-88
San Antonio	La Matanza	157.008	1986-91
El Boquerón	La Laguna	51.747	1992
Valle Molina	Tegueste	614.373	1984-87
San Isidro	Granadilla	49.799	1991
El Saltadero	Granadilla	513.500	1992
Valle San Lorenzo	Arona	250.630	1991
TOTAL		4.141.722	

FUENTE: BALTEN¹⁸(2001)

Con el fin de ilustrar lo que ya veníamos comentando se observa como estas obras hidráulicas, construidas la mayoría a lo largo de la década de los 80 y ubicadas en gran parte en la zona norte de la isla, sólo podrían cubrir, aún estando a plena capacidad, poco más de 4 hm³ de la demanda de agua, por lo que difícilmente se puede pensar en absorber el incremento de la demanda hídrica aumentando la captación a través de métodos superficiales.

¹⁸ BALTEN (Balsas de Tenerife) es un organismo adscrito al Cabildo Insular de Tenerife que explota y mantiene las balsas de regulación para regadío agrícola de las que es titular.

Según información facilitada por BALTEN el volumen total de agua almacenada en los 16 embalses de la isla, durante el año 2001, fue de 1.993.016 m³ (1,99 hm³) que representa, únicamente, un 48% de la capacidad total¹⁹. Si además tenemos en cuenta que la demanda hidráulica para ese año fue de 199,45 hm³ observamos que el agua recogida a través de este tipo de procedimiento consiguió cubrir, únicamente un 1% del consumo total.

En definitiva, las dificultades geológicas, climáticas y topográficas ya enumeradas y el alto coste por metro cúbico del agua embalsada auguran un escaso porvenir a este tipo de captación en áreas donde geográfica y climáticamente, este tipo de aprovechamiento ha sido considerado como cuantitativamente marginal.

En estos casos, el valor que aportan las aguas superficiales es sobre todo cualitativo, puesto que al no disponer de sales disueltas se utilizan, en muchos casos, para mezclar con aguas subterráneas de peor calidad y, de esa forma, convertirlas en aptas para la agricultura.

Por esta razón, en muchas zonas, se ha tenido que recurrir al agua que se almacena en el interior de la tierra, perforando la superficie terrestre a través de galerías y pozos.

1.2.1.2. Aprovechamiento subterráneo

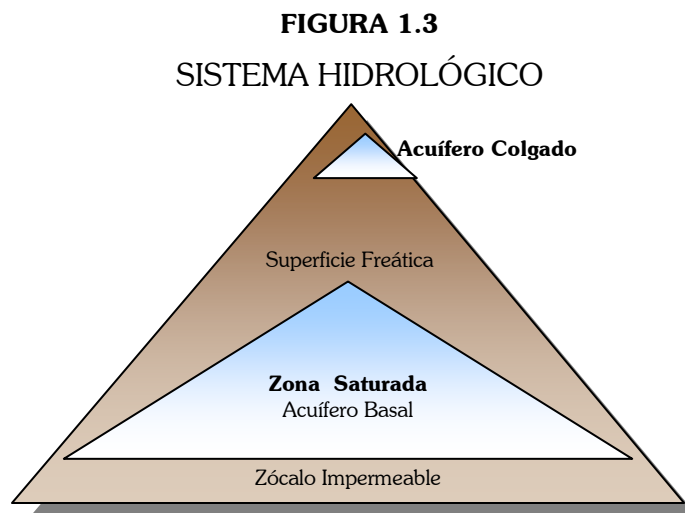
El aprovechamiento subterráneo es el sistema de obtención de agua por excelencia en muchas áreas geográficas, y consiste en perforar la tierra a través de pozos y galerías con el objeto de llegar hasta el acuífero y, de esta forma drenar o bombear el agua que se encuentra en su interior.

¹⁹ Por otro lado, hay que tener en cuenta que la mayor parte del agua que se almacena en estos embalses no proviene directamente de la lluvia, sino que tiene su origen en galerías que alumbran en exceso.

Este tipo de captación supone, a nivel nacional, un 17% del total del agua suministrada, aunque existen diferencias en función del tamaño de la población a la que se abastece. Así y mientras que los servicios que proveen a una población inferior a los 50.000 habitantes se aprovisionan principalmente de agua subterránea (64%), y sólo en una pequeña parte de agua superficial (15%), la participación relativa de esta procedencia aumenta conforme se incrementa el tamaño, medido en población abastecida (AEAS, 2002).

Estas redes subterráneas conforman un sistema hidrológico (*Figura 1.3*) extraordinariamente complejo, en dónde a pesar de la existencia de algunos acuíferos colgados, situados muy cerca de la superficie topográfica, la gran parte de las reservas hídricas se encuentran en la *zona saturada general*.

Este almacén hidrológico está situado entre dos superficies irregulares: la *superficie freática*, que representa el límite superior del sistema hidráulico y el *zócalo impermeable*, que marca el límite inferior, por debajo del cual ya no hay reservas hídricas significativas.



FUENTE: Elaboración propia.

Para acceder al interior de la tierra se suele hacer uso de pozos y/o galerías. Los *pozos* son excavaciones verticales de forma cilíndrica a través de las cuales asciende hacia el exterior el agua almacenada en el acuífero. Mientras

que las *galerías* son perforaciones profundas de ligera pendiente y con una sola entrada (bocamina) que penetran en el interior de la tierra hasta alcanzar la superficie freática, facilitando la salida del agua al exterior por efecto de la gravedad.

En áreas en las que el agua de escorrentía representa un porcentaje muy bajo sobre el total de recursos hídricos disponibles y, por lo tanto, no es posible almacenar el agua que cae sobre la superficie terrestre, la explotación de los acuíferos se convierte en la única alternativa hidrológica.

Así y, siguiendo con la Comunidad Autónoma de Canarias, observamos que, aunque esta problemática no se repite en todas las islas, en determinadas áreas como Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro, el aprovechamiento del agua que se infiltra y almacena en el interior de la tierra se convierte en el sistema de captación por excelencia (*Cuadro 1.4*).

CUADRO 1.4
VALORES MEDIOS DE ESCORRENTÍA E INFILTRACIÓN EN HM³/AÑO EN
LAS ISLAS CANARIAS

	Recursos Hídricos Disponibles	Escorrentía	%	Infiltración	%
Lanzarote	5,75	3,5	61	2,25	39
Fuerteventura	8,3	4,9	59	3,4	41
Gran Canaria	162,3	74,9	46	87,4	54
Tenerife	258,3	20,3	8	238	92
La Gomera	72,1	7,3	10	64,8	90
El Hierro	14,7	0,3	2	14,4	98
La Palma	278,3	16,3	6	262	94

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos publicados en www.africainformarket.org

En la isla de Tenerife, concretamente, el suministro de agua se ha apoyado, fundamentalmente, en estos dos tipos de construcciones, pozos y galerías.

En lo que se refiere a los pozos, existen en esta isla, unos 387 pozos emboquillados con una longitud total perforada de unos 103 kilómetros, entre conductos principales y ramales (*Cuadro 1.5*).

Estos pozos los podemos clasificar en dos categorías:

a).- Pozos convencionales o canarios: Se caracterizan por su gran diámetro, unos 3 metros, y por el sistema tradicional de perforación vertical. Tienen la ventaja adicional de que en sus paredes se pueden abrir galerías. Del total de pozos convencionales abiertos (283) sólo están en explotación 120, lo que representa un 42% sobre el total. Durante el año 2002 aportaron 42,1 hm³, casi un 64% del caudal total obtenido del interior de la tierra.

b).- Pozos-sondeo: Consisten en sondeos de perforación mecánica con un diámetro de hasta 50 cms. por lo general entubados hasta casi el fondo, en cuyo interior se dispone la correspondiente bomba vertical sumergible y la tubería de impulsión. Del total de pozos sondeo contabilizados en el año 2002, sólo un 50% alumbraban agua, concretamente unos 24 hm³, lo que representa un 36% del caudal total.

En general, el régimen de bombeo es muy desigual según las zonas de la isla y la época del año²⁰. Sin embargo, el desarrollo y sobreexplotación del sistema de pozos ha provocado problemas, tanto con la cantidad de agua extraída, debido al descenso del nivel freático, como con la calidad, puesto que la mayoría de ellos explotan la franja perimetral de la zona saturada²¹ antes de que el agua que fluye por el interior de la tierra llegue al mar, lo que está ocasionando graves problemas de intrusión marina²².

²⁰ Concretamente, a lo largo del año 2002 este tipo de obra aportó un total de 66,1 hm³/año.

²¹ Por lo que extraen recursos y no reservas.

²² Precisamente, para evitar la intrusión marina se han ido retirando de la costa y la mayoría se sitúa, actualmente, a 500 y 600 m de altura.

CUADRO 1.5

POZOS, POR TIPO, LONGITUD Y CAUDAL EN EL AÑO 2002, EN TENERIFE

	Número	Longitud			Caudal	
		Principal	Ramal	Total	L/s	Hm ³
Convencionales	283	44	24	68	1.340	42,1
Sondeos	104	35	-	35	755	24
TOTAL	387	79	24	103	2.095	66,1

FUENTE: Elaboración propia según datos facilitados por el Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

En cuánto a las galerías, y según se observa en el *Cuadro 1.6.*, Tenerife está perforada por 1.051 galerías que representan unos 1.696 km de longitud, entre ramales y principales, que drenan agua de las consideradas como reservas y que podemos agrupar en cuatro tipos básicos:

a).- Galerías-nacientes: Representan el tipo más primitivo de captación, ya que en su mayor parte fueron realizadas en la segunda mitad del siglo pasado en áreas dónde existían nacientes naturales, siendo su finalidad la de mejorar el rendimiento de éstos. La longitud de cada una de ellas es, por lo general, corta (unos 200 y 300 m. de media). En el año 2002, último año del que se dispone de información, este tipo de galería aportó una media de 223 l/s, que representa poco más del 5% del caudal total obtenido del subsuelo. En este caso, el agua drenada no procede de la zona saturada general sino de acuíferos colgados, situados cerca de la superficie topográfica. Por esta razón, al interceptar directamente la recarga natural no se sacrifican reservas siendo su caudal más o menos constante, dependiendo de las fluctuaciones climáticas.

b).- Galerías convencionales: Son perforaciones profundas que drenan o han drenado aguas de la zona saturada general. Su longitud suele ser de 3 km por término medio, aunque existe un importante número que supera los 5 km. De ellas proviene la mayor parte del agua obtenida por métodos convencionales, más de un 60% durante el año 2002. Hay contabilizadas unas 491 galerías de este tipo, aunque no todas son productivas, puesto que sólo 349 (71%) disponen de agua alumbrada.

En el futuro deberá contarse tan sólo con las galerías que ya existen²³, con el agravante de que muchas de ellas irán secándose a medida que desciende la superficie freática.

c).- Socavones: Son galerías que, aunque destinadas a captar las aguas profundas, abandonaron las labores por causas económicas o administrativas y nunca han llegado a alumbrar ningún caudal. Se contabilizaron unas 196 en el año 2002, con una longitud total de 46 metros y no representan ninguna utilidad actual o futura.

d).- Galerías pozo: En esta categoría se incluyen unas pocas galerías que suman unos 6 kilómetros de longitud en total, en las que se debe elevar el agua por bombeo, bien porque están emboquilladas al pie de acantilados junto al mar, porque se perforaron con pendiente descendente, o bien porque se complementaron con zanjas o pozos de fondo hasta alcanzar el nivel saturado.

CUADRO 1.6

GALERÍAS, POR TIPO, LONGITUD Y CAUDAL EN EL AÑO 2002, EN TENERIFE

	Número	Longitud			Caudal	
		Principal	Ramal	Total	L/s	Hm ³
Convencionales	491	1.379	192	1.571	3.871	122
Nacientes	354	62	11	73	223	7
Socavón	196	45	1	46	0	0
Pozos	10	5	1	6	46	1,5
TOTAL	1.051	1.491	205	1.696	4.140	130,5

FUENTE: Elaboración propia según datos facilitados por el Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

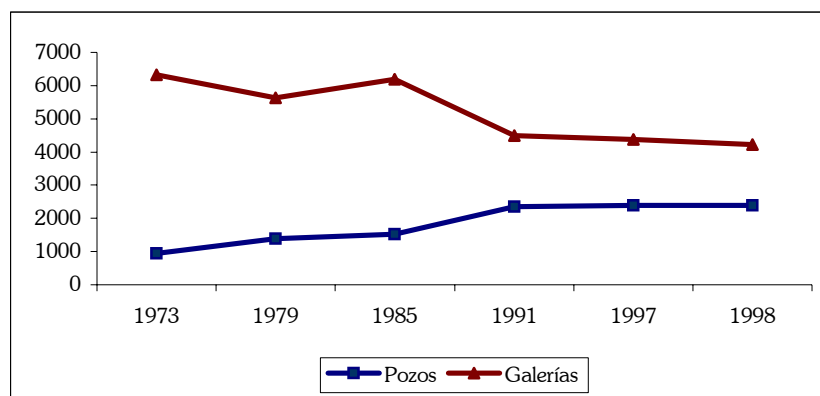
En resumen, prescindiendo de algunos manantiales naturales y de algunos acuíferos colgados explotados por galerías-nacientes, la isla de Tenerife se abastece de aguas subterráneas profundas localizadas en la zona saturada

²³ Se han dejado de presentar solicitudes para la apertura de nuevas galerías, fundamentalmente porque no se dispone de espacio físico en la isla, si se tiene en cuenta la distancia mínima que se debe mantener entre ellas.

general. La extracción de esta agua se realiza mediante perforaciones horizontales (galerías) en la porción central del bloque insular y por perforaciones verticales (pozos) situadas en su mayoría en la franja litoral situada por debajo de la cota de 500 m.

En el *Gráfico 1.1* se refleja la evolución de estos dos últimos tipos de captaciones durante los últimos 25 años en la isla de Tenerife.

GRÁFICO 1.1
EVOLUCIÓN DEL CAUDAL OBTENIDO DE POZOS Y GALERÍAS EN L/S,
DESDE 1973 HASTA 1998, EN TENERIFE



FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos facilitados por el Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

Analizando el gráfico anterior, se observa como el agua obtenida de galerías ha ido disminuyendo notablemente hasta el año 1991, a partir del cual esta tendencia se ha visto suavizada. Por otra parte, el agua alumbrada a través de pozos ha aumentado considerablemente también hasta 1991, manteniéndose a continuación, una producción mucho más constante. A grandes rasgos el deterioro que han sufrido las galerías se ha visto compensado por una mayor explotación de los pozos, con lo cual a nivel general no se ha hecho perceptible esta crisis hídrica de la que hemos venido hablando.

En definitiva, la peculiar estructura geológica de la isla ha facilitado el almacenamiento de grandes reservas de agua subterránea que, durante muchos años, se han convertido en el auténtico motor del desarrollo insular. Sin

embargo, a partir de los años 80 el aumento de la población, acrecentado por el auge del turismo, se ha materializado en una importante presión sobre sus disponibilidades hídricas provocando una sobreexplotación de los mismos.

Desde 1995 el nivel del acuífero ha ido descendiendo paulatinamente²⁴, lo que obliga a racionalizar la extracción de aguas subterráneas. En el *Cuadro 1.7* se incluyen los Balances Hidrogeológicos de dos períodos, 1997 y 2000. En ambos se observa como la entrada de agua es inferior a la salida, lo que significa que para cubrir la demanda hídrica existente se están utilizando reservas almacenadas en el acuífero, que a su vez está provocando un retroceso del nivel freático.

CUADRO 1.7
BALANCES HIDROGEOLÓGICOS EN HM³/AÑO, 1997 Y 2000, EN
TENERIFE

		1997	2000
Entradas		406	219
	Infiltración	358	178
	Retorno de riegos	48	41
Salidas		529	497
	Extracciones	210	196
	Flujo subterráneo al mar	319	291
Balance		- 123	- 278

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos facilitados por el Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

El problema es que si este desequilibrio entre extracción y recarga continúa llegará un momento en el que se habrán consumido todas las reservas y dependeremos totalmente del agua que aporta la lluvia con la que, como ya hemos visto, sólo podríamos cubrir, estando a plena capacidad, un 2% de una demanda media de agua de 200 hm³ al año. Esta situación puede hacer que el

²⁴ Los dos sondeos profundos instalados en el Parque Natural del Teide recogían, en septiembre del año 2002, unas pérdidas de seis y veinte centímetros al mes respectivamente. (El Día, Lunes, 16 de septiembre de 2002). Esto ha hecho que muchos pozos y galerías se sequen debido a que se extrae más agua de la que llega al acuífero.

agua pase de ser un recurso renovable a ser un recurso agotable (Aguilera, 1995).

Por lo tanto, en determinadas áreas donde el agua de la lluvia no se puede almacenar, al menos en las cantidades necesarias, y las alternativas de captación subterránea están enormemente mermadas, como es el caso que hemos utilizado de ejemplo, se están dirigiendo los esfuerzos al desarrollo de sistemas no convencionales para la obtención de agua.

1.2.2. Sistemas no convencionales

Podríamos asegurar que el aumento de la población es el factor clave que va fijando el incremento de la demanda de agua. Además en determinadas zonas de marcado carácter turístico las exigencias hídricas habituales se ven, incluso, hasta quintuplicadas en determinadas épocas.

Como ejemplo de esta particularidad se incluyen, en el *Cuadro 1.8*, datos comparativos sobre el número de habitantes habituales y visitantes de Tenerife, durante el período 1985-2000, que reflejan el importante crecimiento de estos últimos con respecto a los primeros.

CUADRO 1.8
CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN DE DERECHO Y VISITANTES EN
TENERIFE, PERÍODO 1985-2000

	Población de Derecho	% Aumento	Visitantes	% Aumento
1985	590.495	-	1.652.757	-
1990	663.306	12%	2.713.659	64%
1995	680.190	15%	4.084.913	147%
2000	709.365	20%	4.730.290	186%

FUENTE: Elaboración propia a partir de Fernández (2003).

A medida que estas exigencias hídricas han ido aumentando la noción de lo que se entiende por recurso también se ha visto modificada. De esta forma el constante crecimiento de la población, con el consiguiente incremento de los requerimientos hidrológicos, ha provocado la búsqueda de fuentes alternativas de producción de agua.

Estamos hablando de procesos industriales de tratamiento de aguas que inicialmente no eran aptas para alcanzar una calidad adecuada para su uso.

Entre estos procesos hay que mencionar por un lado las técnicas de desalación de agua de mar y las de desalinización de aguas salobres²⁵, y por otro las que permiten reutilizar el agua residual, sobre todo para el riego agrícola, una vez depurada.

En los últimos años se han dedicado muchos esfuerzos al perfeccionamiento de estos sistemas, actitud que se ha visto reflejada en el aumento del número de plantas potabilizadoras y depuradoras, en zonas geográficas donde las opciones de obtención de agua por medios tradicionales han ido desapareciendo.

“El avance de las tecnologías de tratamiento convierte en recursos utilizables importantes masas de agua que antes no lo eran, ya sea por su ubicación (acuíferos profundos) o por su calidad (aguas residuales, salobres, marinas,...). Ello facilita, en caso de necesidad, la aportación de nuevos caudales procedentes de muy diversas fuentes, la mayoría de ellas, además, fácilmente modulables y rápidamente movilizables. La diversificación de fuentes contribuye en gran medida a reforzar la garantía de suministro” (Estevan y Naredo, 2004:67).

²⁵ Últimamente, y debido entre otras cosas a los procesos de intrusión marina y a la existencia de aguas contaminadas, se están obteniendo aguas de peor calidad que obligan a su tratamiento con pequeñas plantas de desalinización de aguas salobres.

A la descripción de estas nuevas alternativas hidrológicas dedicaremos los siguientes apartados, analizando el lugar que ocupa cada una de ellas en el ciclo hidrológico.

1.2.2.1. Desalación

La posibilidad de desalar el agua del mar y/o de desalinizar²⁶ las aguas salobres de los pozos supone, para las zonas más desfavorecidas, una garantía de disponibilidad de este recurso, puesto que permite asegurar el consumo de agua a la población. Sobre estas dos posibilidades, desalación del agua del mar y desalinización de aguas salobre nos centraremos en los párrafos que se incluyen a continuación.

1.2.2.1.1. Desalación del agua del mar

Resulta paradójico hablar de “*sequía en un mundo de agua*”²⁷, precisamente con la desalación del agua del mar se pretende aprovechar esa gran despensa que ocupa la mayor parte del planeta y que no podemos utilizar, al menos directamente.

En 1961 el Presidente de los EEUU de Norteamérica John F. Kennedy afirmó que si alguna vez el ser humano era capaz de diseñar un procedimiento barato para la desalinización masiva del agua del mar “*el descubrimiento empequeñecería a cualquier otro avance científico*” (Postel, 1993)²⁸.

²⁶ Aunque hemos distinguido entre “desalar el agua del mar” y “desalinizar las aguas salobres”, el sentido de ambos términos, según el Diccionario de la Lengua Española, es el mismo: “*quitar la sal del agua del mar o de las aguas salobres, para hacerlas potables o útiles para otros fines*”.

²⁷ Título del libro de Danilo Antón y Carlos Díaz Delgado, ediciones Piri Guazú, México 2002, *Sequía en un mundo de agua*.

²⁸ Citado por Martínez (1997:51).

La desalación de agua del mar se ha convertido en el auténtico motor del desarrollo económico de muchas zonas²⁹. Este proceso puede realizarse mediante diferentes técnicas³⁰, de las cuales la ósmosis inversa es la más extendida. A través de este sistema, el agua de mar, previamente acondicionada³¹, se hace pasar a una presión superior a su presión osmótica a través de una membrana semi-permeable que retiene entre el 90% y el 99% de todos los elementos minerales disueltos, del 95% al 99% de la mayoría de los elementos orgánicos y el 100% de las materias coloidales más finas. Como resultado del proceso se obtiene un agua tratada (45%) y un efluente concentrado (55%) que se devuelve al mar, la salmuera. El agua tratada obtenida se somete, a continuación, a un proceso de neutralización y a una cloración previa a su distribución como agua potable.

1.2.2.1.2. Desalinización de aguas salobres

El progresivo empeoramiento de la calidad de las aguas, por presencia de cloruros, bicarbonatos y fluoruros, no aptos para el consumo humano o para el regadío, ha hecho necesario el tratamiento de aguas salobres con el objetivo de aumentar las disponibilidades hídricas.

Este sistema consiste en retener, del agua subterránea no potable, las sales minerales que no la hacen apta para el consumo humano. Para ello se hace pasar el líquido por una serie de membranas que separan las sales obteniendo un agua de buena calidad.

²⁹ Es el caso de islas como Lanzarote, Fuerteventura y en gran parte de Gran Canaria, donde el 97%, el 50% y el 18% respectivamente, de los recursos hidrológicos se obtienen por este sistema.

³⁰ Los procesos técnicos de desalación de aguas marinas o salobres continentales pueden dividirse en: Procesos de destilación (destilación térmica, por compresión de vapor y solar), congelación y procesos de membrana (ósmosis inversa y electrodiálisis).

³¹ En las instalaciones de desalinización, se evita la captación de agua de mar directamente para evitar que la elevada cantidad de materia en suspensión dificulte su proceso. Se prefiere la captación a través de pozos playeros a pocos metros de la costa en los que el agua presenta menor cantidad de materias en suspensión gracias a que el terreno actúa como filtro natural.

1.2.2.2. Reutilización del agua residual

A diferencia de los sistemas anteriores, la depuración de aguas residuales no es una opción sino una obligación legal³². Las plantas depuradoras de aguas residuales tienen como objetivo, a través de una serie de procesos que en definitiva pretenden imitar a la naturaleza, limpiar el agua que previamente ha sido utilizada con el fin de devolverla al entorno en condiciones óptimas y evitar, de esta forma, posibles deterioros medioambientales.

Unas exigencias medioambientales cada vez más estrictas en cuanto al tratamiento de aguas residuales, unido a la posibilidad patente de aprovechar el agua regenerada, han hecho centrar los esfuerzos en el tratamiento y beneficio de las aguas residuales con el objeto de afianzar la disponibilidad de este recurso.

Lo que se plantea en este caso es la posibilidad de avanzar en el proceso y aprovechar el agua que se depura para que pueda ser reutilizada.

1.2.3. Papel de los sistemas técnicos de producción de agua en el ciclo hidrológico

En la antigüedad no se comprendía como era posible que el nivel de los océanos no aumentara por el aporte constante de los ríos. La respuesta a este enigma está en la comprensión del ciclo hidrológico, entendido como un proceso continuo, en dónde una parte del agua que “baña” la tierra se evapora por el efecto del sol, cayendo más tarde en forma de lluvia y nieve para

³² El Real Decreto Ley 11/1995 y el Real Decreto 509/1996, que transcriben la Directiva Europea 91/271/CEE, establecen que España deberá contar con sistemas colectores y tratamientos secundarios o procesos equivalentes antes del 1 de enero del año 2006, en las poblaciones con más de 10.000 habitantes equivalentes, y en aquellas con más de 2.000 habitantes equivalentes, que viertan aguas continentales y estuarios.

emprender su camino de regreso al mar. Es precisamente este funcionamiento incansable del ciclo el que concede al agua la característica de renovable³³.

Estamos hablando de un macro proceso con capacidad para “reciclar” grandes cantidades de metros cúbicos al año. Esto significa que cada vez que tomamos un sorbo de agua fresca, aunque sea nueva para nosotros, realmente se trata de un agua que ha estado recorriendo el ciclo desde los comienzos de la vida.

En este recorrido natural, que el ser humano ha conseguido “canalizar”, podemos distinguir una serie de fases que, coincidiendo con las reconocidas en el Plan General de Contabilidad adaptado a las empresas del sector de abastecimiento y saneamiento de agua³⁴, incluimos en el *Cuadro 1.9*.

CUADRO 1.9
FASES DEL CICLO HIDROLÓGICO

ABASTECIMIENTO	
Captación	Esta primera fase comprende todas las actividades relacionadas con la extracción de agua de su fuente origen.
Tratamiento	El agua captada es procesada en la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) con el objeto de convertirla en apta para el consumo humano.
Distribución	Pasados los controles sanitarios pertinentes, el agua es bombeada a través de complejas redes de suministros hasta los consumidores finales ³⁵ .
Consumo	El agua potable llega a los usuarios finales a través de la red de distribución, por lo tanto, esta es la fase de uso efectivo del agua por parte de la población.

³³ Se considera que un recurso es renovable cuando se puede utilizar como insumo en uno o varios procesos productivos sin que dicho uso suponga una reducción global del stock de los mismos (Azqueta y Ferreiro, 1994).

³⁴ Aprobado por la Orden de 10 de diciembre de 1998.

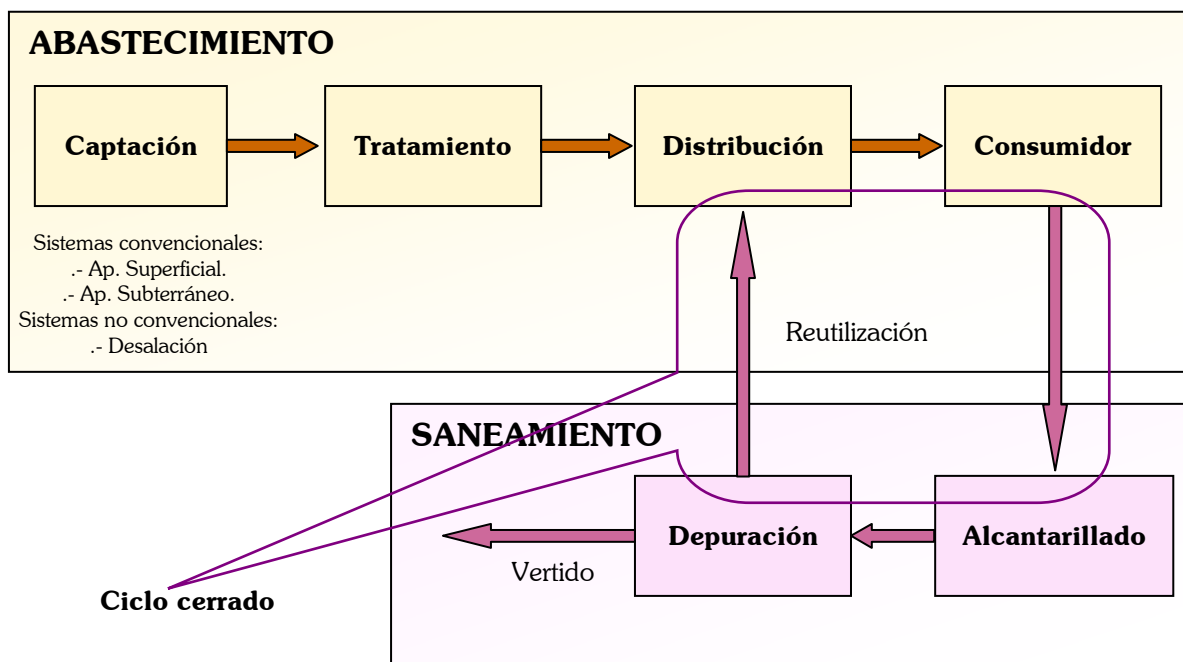
³⁵ La distribución del agua puede ser en alta o en baja, según sea recibida por un distribuidor (en alta) o por el consumidor final (en baja).

SANEAMIENTO	
Alcantarillado	El agua usada es canalizada a través de complejas redes de alcantarillado y enviada a las plantas depuradoras.
Depuración	Las aguas ya usadas son sometidas a un proceso de depuración para reducir la carga contaminante. Según sea su destino final (vertido o reutilización) se afinará más o menos ese proceso de "limpieza".

FUENTE: Elaboración Propia a partir de la información incluida en el Plan General de Contabilidad adaptado a las empresas del Sector de Abastecimiento y Saneamiento de Agua.

Estas distintas fases del ciclo hidrológico se pueden agrupar en dos grandes bloques, abastecimiento y saneamiento, incluyendo en el primer concepto las cuatro primeras etapas descritas anteriormente y en el segundo las dos últimas, quedando el esquema del ciclo del agua según aparecen en la *Figura 1.4*.

FIGURA 1.4
ESQUEMA DEL CICLO HIDROLÓGICO



FUENTE: Elaboración propia.

El Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Memoria:9-4) recomienda, a su vez, la división del **abastecimiento** urbano en, *aducción* que incluiría la tareas

de captación y alumbramiento, tratamiento inicial, embalse, transporte y regulación, y *distribución* que abarcaría las funciones de tratamiento final (desinfección), distribución y entrega a los usuarios.

En cuanto al **saneamiento**, el mismo documento (Memoria:10-6) recomienda su separación en dos sistemas, *alcantarillado*, que comprendería la recogida de aguas pluviales y residuales, la concentración de aguas afluentes y la entrega al sistema de colectores comarcales y *depuración y vertido*, que abarcaría las tareas relacionadas con la explotación y mantenimiento de los sistemas colectores de aguas residuales, depuración y tratamiento final (desinfección) y vertido y/o entrega para la reutilización.

Al analizar el ciclo hidrológico vemos que los sistemas convencionales y, dentro de los no convencionales, la desalación son métodos de obtención de agua de la fuente origen, mientras que la reutilización de aguas residuales supone la regeneración de un agua que ya ha sido usada, cerrando, de esta forma, el ciclo hidrológico de manera industrial.

Precisamente, esta particularidad convierte al proceso de reutilización de aguas residuales en un auténtico sistema de racionalización hidrológico al que merece la pena dedicar mayores esfuerzos.

1.3. LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES COMO SISTEMA DE RACIONALIZACIÓN HIDROLÓGICO

Vivimos actualmente una etapa donde la problemática asociada al tema del agua exige precisamente una gestión racional³⁶ de este recurso, como única forma de garantizar un aporte constante de este bien que, sin pecar de

³⁶ “Las formas de introducir y gestionar esa racionalidad pueden ser múltiples, pero deben reflejar la esencia de lo que se entiende por racionalidad económica, que no es sino el arte de administrar la escasez”. (Arrojo, 2004:157).

fanatismo, podríamos afirmar que es el máspreciado de cuantos existen en la naturaleza.

Los sistemas convencionales de captación de agua presentan, fundamentalmente dos tipos de limitaciones; unas naturales ya comentadas, y que se deben a una disminución en el rendimiento de las explotaciones hidrológicas producidas por un desequilibrio entre la extracción de agua y la recarga natural, y otras de carácter económico, puesto que la disminución sistemática de la rentabilidad de los aprovechamientos, según la relación cantidad-calidad de agua extraída, tiene como consecuencia directa un aumento del precio del agua de abastecimiento.

Frente a los problemas asociados a los métodos convencionales de obtención de agua, la actual situación hidrológica de muchas áreas que, por circunstancias climáticas y geográficas, no pueden abastecerse del agua de lluvia, obliga a recurrir a los sistemas no tradicionales con el fin de solucionar esta problemática hídrica.

De esta forma se puede observar como en determinadas regiones estos sistemas han ido cobrando cada vez mayor importancia, según se concluye al revisar los datos que aparecen en el *Cuadro 1.10*.

CUADRO 1.10
PRODUCCIÓN DE AGUA EN HM³/AÑO, PERÍODO 1999-2001, EN
TENERIFE, UTILIZANDO MÉTODOS CONVENCIONALES Y NO
CONVENCIONALES

	1999		2000		2001	
	hm ³ /año	%	hm ³ /año	%	hm ³ /año	%
Subterránea	201,30	93	200,43	92,3	197,46	90,8
Superficial	0,47	0,3	0,00	0	0,00	0
Desalación	6,70	3	8,00	3,7	10,03	4,6
Reutilización	7,94	3,7	8,73	4	9,91	4,6
TOTAL	216,41	100	217,16	100	217,4	100

FUENTE: Balance Hidrológico de Tenerife, 1999-2001.

A raíz de la información facilitada se puede detectar un aumento, durante los últimos tres años, de la producción de agua utilizando sistemas no convencionales en comparación con el resto de sistemas de captación a los que se ha hecho referencia anteriormente. En este caso en concreto, se prevé que la tendencia será ir sustituyendo para determinados usos el agua obtenida a través de galerías y pozos con agua industrial³⁷.

Con respecto a estos sistemas no convencionales de obtención de agua, Rico *et al.* (1998:20) reconocen que *“en determinados espacios regionales con escasez de recursos y demandas crecientes, estas aguas deberían adquirir condición de recursos estratégicos que, en función de la aceptación cultural de su uso y la implantación de sistemas de gestión integral, permitieran aliviar la explotación que sufren las fuentes tradicionales. Se constituyen así en garantes de un desarrollo socioeconómico sostenible y armónico con el medio natural, preservando los recursos renovables y el equilibrio hídrico”*.

Nos encontramos, de esta forma, con dos alternativas industriales de producción de agua, a las que se van dedicando, poco a poco mayores esfuerzos, tanto económicos como humanos, y sobre las que se han depositado grandes expectativas de cara al futuro: la desalación y la reutilización.

1.3.1. Desalación versus reutilización

En este apartado trataremos de sopesar las ventajas e inconvenientes asociados tanto a la desalación como a la reutilización de aguas residuales con el fin de seleccionar una alternativa coherente con el modelo de gestión que defiende la nueva cultura del agua.

³⁷ De hecho, el Consejo de Administración de la Empresa Municipal de Aguas de la ciudad de Santa Cruz, en Tenerife, ha publicado su intención de sustituir toda el agua que compra de pozos y galerías por agua desalada (El Día, 28 de marzo de 2003).

Ya hemos visto que existe la obligación legal de depurar las aguas residuales lo que nos planteamos es, si interesa afinar un poco más ese proceso de limpieza con el fin de volver a darle uso en determinadas actividades, o bien instalar plantas desaladoras, como está siendo la tónica dominante en muchas regiones³⁸ (Cuadro 1.11).

CUADRO 1.11
NÚMERO DE PLANTAS DESALADORAS Y ESTACIONES DEPURADORAS
DE AGUAS RESIDUALES POR ISLA

	Desaladoras		Depuradoras
	Agua de mar	Agua salobre	
Lanzarote	63	0	5
Fuerteventura	45	20	6
Gran Canaria	96	44	40
Tenerife	9	29	11
La Gomera	0	0	5
El Hierro	2	0	2
La Palma	0	0	6
TOTAL	215	93	75

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información publicada en www.africainfomarket.org

Frente a esta disyuntiva debemos recordar que el proceso de desalación conlleva dos graves problemas medioambientales; por un lado, el elevado consumo energético y por otro, el vertido de salmuera.

Frente al primer problema, aunque se ha conseguido avanzar bastante en lo que a consumo energético se refiere, el empleo de energía para este proceso resulta aún bastante problemático.

³⁸ "... actualmente, las 900 desaladoras que hay en España, la mayoría plantas pequeñas que purifican aguas salobres de pozos y acuíferos y enclavadas en Canarias y en Levante, producen cerca de 600 hectómetros cúbicos al año. Esta cantidad se duplicará gracias a las 17 grandes plantas que tiene previsto construir Medio Ambiente en dos años, más la planta de Carboneras, en Almería, la más grande de Europa, ya en funcionamiento." (El País, 31/07/2005)

En un Informe del Instituto Universitario de Geografía de Alicante sobre el plan alternativo del Ministerio de Medio Ambiente para conseguir agua para la Comunidad Valenciana se estima que para *“desalar los 400 hm³ previstos en el plan Narbona se necesitarán unos 1.840 millones de Kwh/año, lo que representa casi un tercio de la energía que importa España desde Francia, Portugal, Andorra y Marruecos”*.

Aunque desalar 1m³ de agua en los años 70 requería un consumo de energía de 22 kwh (Latorre, 2004), en la actualidad la aplicación de nuevos recuperadores de presión ha conseguido rebajar el consumo energético a 2 Kwh/m³ (Naredo, 2003), lo que supone una importante disminución en relación con los 1.840 millones de kwh/año que estima el Instituto Universitario de Geografía de Alicante.

Por otra parte, el propio Informe añade que este alto coste energético repercutirá directamente en el precio final del agua, teniendo en cuenta que a partir del año 2008 la Unión Europea penalizará con 100 euros cada tonelada de CO₂ emitida a la atmósfera sin permiso, lo que vendría a representar unos 160 millones de euros para los 400 hm³ de agua a los que antes hacíamos referencia.

Por lo tanto, autores como Aguilera, Pérez y Sánchez (2003:9) consideran que ante la posibilidad de utilizar la desalación como alternativa a la falta de disponibilidad de agua resultaría menos costoso, hablando en términos ecológicos, llevar a cabo una mejor gestión de la demanda de agua puesto que *“es más barato ahorrar un m³ que producirlo”*.

Naredo (2003:19), a su vez, reconoce que *“no resulta muy prometedor apoyar el futuro del abastecimiento de agua en la desalación del agua del mar realizada a base de petróleo³⁹”* puesto que se sabe que las reservas del petróleo

³⁹ [Esta nota es nuestra.] En Canarias la fuente de energía utilizada para la desalación es el petróleo en un 87%, seguida del vapor residual en un 13 % y de la eólica en un 0,02 % (Hernández, 2000)

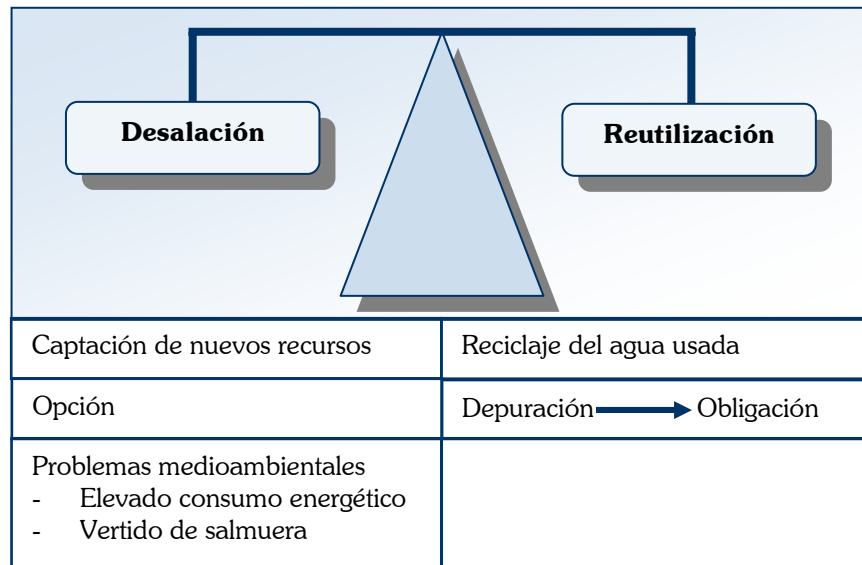
barato tienen los días contados. También Aguilera (1995:361) nos recuerda que *"...la energía utilizada para llevar a cabo la desalinización de agua de mar procede principalmente de fuentes finitas y agotables, aspecto que además de constituir una enorme limitación ante el supuesto intento de un uso generalizado de plantas desalinizadoras, presenta el problema de las emisiones de gases procedentes de la quema de combustibles..."*. En este caso, la única alternativa coherente sería apoyar el uso de energías renovables en la desalación.

Además del consumo energético, el vertido de la salmuera resultante de la desalación es otro de los graves inconvenientes de este sistema de producción de agua. Se han hecho estudios⁴⁰ que analizan la tolerancia de plantas y animales marinos a este exceso de sal demostrando sus efectos negativos.

Concretamente el informe ya mencionado del Instituto Universitario de Geografía de Alicante sobre el plan alternativo del Ministerio de Medio Ambiente para conseguir agua para la Comunidad Valenciana reconoce que mientras que la *posidonia oceánica*, una planta marina endémica del Mediterráneo, puede soportar unos 38.000 mgr/litro de salmuera, el vertido resultante del proceso de desalación de agua del mar contiene 70.000 mgs/litro.

Sin embargo se ha detectado que después de unos 20-25 m la dilución de la salmuera es prácticamente total. Por lo tanto, el posible daño medioambiental que podría generar este residuo dependerá, en gran parte, de las técnicas de vertido utilizadas.

⁴⁰ En <http://www.acsegura.es> se incluye un avance de la investigación que realizan conjuntamente varios organismos españoles sobre el efecto del vertido al mar de las aguas de rechazo procedente de las estaciones desaladoras.



En definitiva, de entre estas dos opciones el proceso de depuración de aguas residuales y su posterior reutilización, definido por Azqueta y Ferreiro (1994:144) como un *“sistema estructural de planificación hidrológica”*, se nos presenta como un sistema único de racionalización del agua que, al apostar por la regeneración⁴¹ del recurso, supone un aumento importante de la oferta hídrica dentro de los programas de sustitución que se recomienda en la gestión de la demanda.

De hecho, entre las ideas y propuestas que hacen Estevan y Naredo (2004:42) para una nueva política del agua en España, incluyen la de cerrar los ciclos del agua, justificado que en *“una planificación integrada del agua, los efluentes urbanos e industriales no deben considerarse como residuos, sino como recursos destinados a ser regenerados y reutilizados, con el fin de rebajar la presión extractiva y de vertidos sobre los ecosistemas acuáticos. Ello exige incluir todos los efluentes (ya sean retornos agrarios o aguas residuales urbanas e industriales) en los balances de recursos en la planificación a escala de cuenca,*

⁴¹ Al proceso de tratamiento necesario para que un agua residual sea utilizada se le denomina regeneración y consiste en devolverle, parcial o totalmente, el nivel de calidad antes de ser consumida recuperando así cualidades que la hacen útil para atender a determinados usos consuntivos. El producto resultante recibe el nombre de agua regenerada. Hay autores que lo califican con la denominación excesivamente economicista, casi bursátil de agua revalorizada (Rico *et al.*, 1998:39).

adoptando las medidas necesarias para protegerlos y para evitar cualquier pérdida o deterioro adicional en su recogida y transporte hasta las instalaciones de regeneración”.

Una vez que hemos puesto sobre la mesa las ventajas que nos ofrece la reutilización de aguas residuales vamos a tratar, en el siguiente apartado, de poner números a esa capacidad potencial de agua.

1.3.2. Potencial de reutilización de los usos no consuntivos

“Un uso es consuntivo cuando el usuario es finalista, bien sea porque cortocircuita el flujo natural del agua, devolviéndola a la atmósfera, o porque sus vertidos son de una calidad tal que nadie más tras él puede volver a utilizarlos” (Martínez, 1997:48). En cambio hablaremos de usos no consuntivos cuando el agua, una vez usada, es devuelta, en casi su totalidad, a los sistemas hidrológicos controlables.

Normalmente se incluyen dentro de este segundo grupo las aguas de uso urbano y las que provienen de la mayoría de las industrias. Por lo tanto la capacidad total de agua que nos ofrece la reutilización equivaldrá al total de agua de uso no consuntivo de una determinada región.

Utilizando el mismo espacio geográfico al que ya nos hemos referido, la isla de Tenerife, y en base a los datos incluidos en el *Cuadro 1.12*, si hubiésemos podido reutilizar el agua residual de uso no consuntivo⁴², obtenida durante el año 2001, estaríamos hablando de una disponibilidad extra de agua de 107 hm³, sin tocar reservas ni nuevas entradas.

⁴² Sector doméstico, industrial y turístico.

CUADRO 1.12
USO DE AGUA POR SECTORES EN TENERIFE, PERÍODO 1999-2001

	1999		2000		2001	
	hm ³ /año	%	hm ³ /año	%	hm ³ /año	%
Doméstico	69,28	35	69,66	35	73,35	37
Industrial ⁴³ /Servicios	9,37	5	9,12	5	9,00	5
Turístico ⁴⁴	22,59	11	23,24	11	24,65	12
Agrícola	96,67	49	98,15	49	92,45	47
TOTAL	197,91	100	200,17	100	199,45	101

FUENTE: Balance Hidrológico de Tenerife, 1999-2001.

107 hm³ durante el año 2001

Desde otro punto de vista, simplemente con sustituir una parte del agua blanca destinada a riego agrícola por agua depurada⁴⁵, sometida previamente a un tratamiento adecuado para no perjudicar a los cultivos⁴⁶, estaremos hablando de un importante ahorro en m³ de recurso consumido⁴⁷. Además, la demanda agrícola de la mayor parte de las islas se sitúa en cotas relativamente bajas, lo que proporciona condiciones ideales para intentar reutilizar las aguas depuradas, generando nuevos recursos hídricos en lugar de enviarlas al mar.

Tomemos como ejemplo el caso de Israel donde toda el agua de uso urbano de la región de Tel Aviv es tratada para luego ser infiltrada en el acuífero

⁴³ La industria consume agua, fundamentalmente, para cuatro fines: como materia prima en un proceso de fabricación, como forma de transporte, como elemento de transformación del calor (calentamiento o enfriamiento) y/o como contenedor de vertido industriales.

⁴⁴ El consumo turístico, suele incluirse en el urbano, sin embargo, debido a la importancia de este sector en Tenerife, es fundamental considerarlo de forma independiente.

⁴⁵ Los investigadores del Grupo de Trabajo de Tratamiento de Aguas de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de La Laguna, en Tenerife, controlan desde 1993 el primer plan de la isla para la reutilización de las aguas residuales purificadas en la agricultura.

⁴⁶ Basta utilizar un tratamiento terciario, para reducir los patógenos dentro de la normativa más exigente.

⁴⁷ Aguilera (1998) reconoce en la reutilización de aguas residuales urbanas un ahorro potencial de agua, importante en nuestro país, necesario para aproximarse a una gestión integrada del agua y del territorio, objetivo fundamental si se reconoce en este recurso su calidad de activo ecosocial.

y, una vez dirigida hacia el sur, ser utilizada para el riego de hortalizas y verduras⁴⁸.

Sin embargo si analizamos la información que se incluye en el *Cuadro 1.13*, en dónde se despliega la producción de agua, en hm³/año, según los diversos métodos en toda la Comunidad Canaria, observamos como, sobre todo en las islas orientales, el agua obtenida como resultado de la desalación de agua del mar sigue siendo cuantitativamente más significativa que la regenerada.

CUADRO 1.13
PRODUCCIÓN DE AGUA EN HM³/AÑO POR ISLA, UTILIZANDO MÉTODOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

	Superficial	Subterráneo para uso directo	Subterráneo salobre desalada	Desalación	Reutilización	Total
Lanzarote	0,1	0,1	0	16,9	3,8	20,9
Fuerteventura	1,8	0,2	1	10,9	1,4	15,3
Gran Canaria	11,2	60	20,2	56,9	7,2	155,5
Tenerife	5,0	180	11,3	6,7	8	211
La Gomera	3,4	11,1	0	0	0	14,5
El Hierro	0,1	1,9	0	0,5	0	2,5
La Palma	3,5	72,9	0	0	0,1	76,5

FUENTE: Elaboración propia según información publicada en www.fcca.es, según Plan Hidrológico de Canarias (2000)

Nos preguntamos, entonces, porqué se fomenta la instalación y explotación de plantas desaladoras y no se destinan más recursos, tanto económicos como humanos, en apoyar el uso de agua regenerada.

Con estas reflexiones no negamos las ventajas que, en determinadas circunstancias y regiones, ofrece la instalación y explotación de plantas desaladoras, pero sí sugerimos destinar un mayor esfuerzo en completar un

⁴⁸ Rami Messalem en el País, 18 de septiembre de 2005. Ver para mayor información Brenner *et al.* (2000).

proceso que de todas maneras, por imperativo legal y moral, hay que llevar a cabo.

En definitiva, la posibilidad de cerrar el ciclo del agua de forma industrial y acelerar el proceso de limpieza del agua ya usada, que la naturaleza realiza de manera espontánea, se nos presenta como una alternativa con mucho futuro si se elige adoptar la manera de pensar y de hacer de la cultura democrática del agua que defiende Aguilera (2003).

Convencidos, por tanto, del papel fundamental que juega la reutilización de aguas residuales a la hora de garantizar la disponibilidad de este recurso, analizaremos, en el siguiente apartado, los aspectos económicos y sociales relacionados con su uso.

1.4. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES

Como regla general, el saneamiento de aguas residuales ha ocupado siempre un segundo lugar en la lista de prioridades municipales, puesto que sus posibles deficiencias no repercuten *directamente* sobre los ciudadanos sino básicamente sobre el medio ambiente. Sin embargo, actualmente y con el fin de frenar, en parte, el cada vez mayor deterioro que sufre el entorno, han surgido una serie de disposiciones legales⁴⁹, que exigen un esfuerzo importante en esta fase del ciclo hidrológico.

Por otro lado, hemos reflexionado, en apartados anteriores, sobre la necesidad de incorporar el agua regenerada como un recurso más en los distintos balances hidrológicos lo que exige un nuevo replanteamiento a la hora de poner en marcha un sistema de gestión racional del ciclo hidrológico.

⁴⁹ Entre ellas cabe el ya mencionado Real Decreto Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas, a través del cual se transpone a nuestro ordenamiento interno la Directiva 91/271 CE del Consejo, de 21 de mayo, en la cual se establece que los estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que las aguas residuales urbanas sean tratadas correctamente antes de su vertido.

Seguí (2004) en su trabajo de investigación recoge la experiencia de 82 sistemas de reutilización de aguas residuales⁵⁰ localizados en casi veinte países.

A partir de los datos recopilados por Seguí (2004) se observa como la mayor parte de los sistemas de depuración y reutilización de aguas residuales se sitúan en áreas continentales donde la precipitación es escasa⁵¹ y en las islas *“debido posiblemente a la falta de infraestructura para la captación”* (Seguí, 2004:29). De esta localización geográfica podríamos sacar como conclusión que las necesidades de depuración y reutilización de aguas residuales surgen, como fuente alternativa ante la falta de disponibilidad del recurso.

CUADRO 1.14

SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR PAÍSES

	País	Caudal (m³/día)	%	Nº		País	Caudal (m³/día)	%	Nº
1	Italia	949.600	17,42	7	10	Zimbabwe	190.000	3,49	1
2	EE.UU.	749.230	13,74	8	11	Jordania	170.750	3,13	1
3	Sudáfrica	646.200	11,85	2	12	Australia	136.050	2,50	4
4	China	415.000	7,61	2	13	Arabia Saudita	130.000	2,38	1
5	España	410.052	7,52	18	14	Kazajstán	110.000	2,02	1
6	México	404.945	7,43	26	15	Inglaterra	30.000	0,55	1
7	Francia	400.000	7,34	2	16	Japón	10.720	0,20	3
8	Israel	398.500	7,31	2	17	Namibia	58	0,001064	1
9	EAU	300.000	5,50	2		TOTAL	5.451.105	100	82

FUENTE: Elaboración propia a partir de Seguí (2004:26-28)

Del total de agua regenerada por los 82 sistemas de reutilización un 7,52 % corresponde a España, lo que la sitúa en el quinto puesto detrás de Italia, EE.UU., Sudáfrica y China. Sin embargo, y después de México, es el país donde la práctica de la reutilización se lleva a cabo por un mayor número de estaciones.

⁵⁰ Ver las tablas que adjunta este autor en su tesis doctoral y que resumen las características principales de los sistemas de reutilización de aguas residuales que analiza (pp 25-28).

⁵¹ Excepto una pequeña parte de Brasil, Chile y Argentina.

En el *Cuadro 1.15* se resume, concretamente la situación del tratamiento de aguas residuales en España, siendo Baleares, País Vasco, Canarias y Murcia las Comunidades Autónomas que reutilizan un mayor porcentaje de agua depurada.

CUADRO 1.15
SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
CONJUNTO DEL TERRITORIO NACIONAL, AÑO 2001, EN
M³/HABITANTE/DÍA

Comunidad	Depurada	Vertida	%	Reutilizada	%
Baleares	0,181	0,105	58,01	0,076	41,99
País Vasco	0,234	0,187	79,91	0,047	20,09
Canarias	0,098	0,046	53,06	0,046	46,94
Murcia	0,197	0,152	77,16	0,045	22,84
Aragón	0,231	0,205	88,74	0,026	11,26
Comunidad Valenciana	0,16	0,136	85,00	0,024	15,00
Extremadura	0,218	0,203	93,12	0,015	6,88
Navarra	0,227	0,214	94,27	0,013	5,73
Castilla-La Mancha	0,181	0,169	93,37	0,012	6,63
Andalucía	0,24	0,23	95,83	0,01	4,17
Cantabria	0,249	0,247	99,20	0,002	0,80
Cataluña	0,281	0,279	99,29	0,002	0,71
Castilla y León	0,165	0,164	99,39	0,001	0,61
Madrid	0,211	0,21	99,53	0,001	0,47
Ceuta y Melilla	0,143	0,142	99,30	0,001	0,70
Asturias	0,158	0,158	100,00	0	0,00
Galicia	0,234	0,234	100,00	0	0,00
Rioja	0,289	0,289	100,00	0	0,00

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística.

Sin embargo para completar esta información tendríamos que analizar el porcentaje de agua de uso no consuntivo que se reutiliza, con el objeto de comprobar el grado de aprovechamiento del potencial que, ya habíamos comentado, ofrece la reutilización de aguas residuales.

En resumen, está claro que la reutilización de aguas residuales tiene asociada una serie de ventajas, tanto económicas como sociales y medioambientales, entre las cuáles cabría señalar las siguientes:

- .- Supone un aumento potencial de recursos hídricos.
- .- Conlleva una gestión más racional de los recursos puesto que permite sustituir agua blanca por agua regenerada
- .- En determinados casos puede llevar aparejado un ahorro energético importante si la estación depuradora se ubica estratégicamente, evitando, de esta forma, el aporte de caudales adicionales de agua desde zonas alejadas.
- .- Se puede llegar a un aprovechamiento de los elementos nutritivos contenidos en el agua depurada.
- .- Se le asocia una mayor fiabilidad y regularidad en cuanto a la estimación de agua disponible.

1.4.1. Gestión económica de la depuración y reutilización de aguas residuales

La depuración de aguas residuales es un proceso técnico, administrativo y económico cuya competencia corresponde a los ayuntamientos, según lo establecido en la Ley 7/1985 de 2 de abril de Régimen Local. Sin embargo en la gestión de la depuración y el vertido de aguas residuales intervienen muchos organismos, administrativos, insulares, autonómicos, nacionales e incluso comunitarios, que tienen asumidas responsabilidades relacionadas con el mantenimiento de un medio ambiente estable y adecuado.

Barea (1992: 354) considera, refiriéndose a los servicios públicos, que *“el principio de mercado no es válido para regular su proceso de producción, pues su provisión no viene determinada por una expectativa de beneficios por parte de los productores, ni por una demanda individual de los consumidores. La decisión de producir estos servicios no puede emanar, por tanto, del mercado,*

sino de la autoridad pública a través de procedimientos políticos y administrativos basados en objetivos sociales comunes”.

Para Mas y Ramió (1992: 95-96) los servicios públicos, y con ellos los que se refieren al abastecimiento y saneamiento de agua, tienen una serie de particularidades que hay que tener en cuenta a la hora de planificar su gestión:

- El consumidor se convierte en elemento participativo del proceso de producción.
- Existen simultaneidad entre la producción y el consumo del servicio.
- Se trata de bienes y servicios de naturaleza perecedera.
- El factor trabajo cobra gran importancia.
- Se percibe el servicio como intangible.

La Ley 7/1985⁵² distingue entre dos modos de gestión de los servicios públicos locales: Gestión Directa e Indirecta⁵³.

La gestión directa de los servicios públicos es la que realizan los entes locales por sí mismos o mediante organismos exclusivamente dependiente de ellos. Esta gestión podrá ser llevada a cabo por la propia entidad, con o sin órgano especial de administración, mediante la creación de un organismo autónomo local o mediante una sociedad cuyo capital sea íntegramente público.

La gestión indirecta, en cambio engloba las distintas modalidades de contratación previstas para la gestión de servicios públicos⁵⁴. Así podemos hablar de; concesión, gestión interesada, concierto, arrendamiento, sociedad mercantil y cooperativas legalmente constituidas, cuyo capital social sólo pertenezca parcialmente a la entidad local.

⁵² Artículo 85.2 de la Ley 7/1985 de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local.

⁵³ El antiguo Reglamento de Servicios de las Corporaciones Locales de 17 de junio de 1955 distinguía entre gestión directa, indirecta y mixta. La actual legislación incluye la mixta entre el grupo de gestión indirecta.

⁵⁴ Artículo 156 del texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto legislativo 2/2000, de 16 de junio.

Un caso atípico en lo que respecta a la gestión del agua es el que tiene lugar en la Comunidad Autónoma de Canarias, en donde la mayor parte del agua subterránea que se extrae, a través de galerías y pozos, ha estado y está, fundamentalmente en manos de inversores privados⁵⁵ agrupados en Heredamientos y Comunidades de Aguas⁵⁶.

Esta propiedad privada del agua, que otorga unas características peculiares a la gestión de este recurso en relación con el resto de España⁵⁷, pone en marcha un mercado⁵⁸ capaz de abastecer de agua a las diversas ciudades de la región.

Precisamente, Aguilera y Sánchez (2002:36) achacan el auge de esta iniciativa privada a la *“falta de inversiones públicas en obras de captación y distribución de agua hasta pasada la década de los ochenta”* puesto que hasta 1987 todas las aguas eran privadas y se asignaban a los distintos usos mediante mecanismos de mercado libre.

En esta región, a pesar de que la mayor parte de las obras de captación de agua por excelencia están en manos privadas, la explotación del conjunto de actividades relacionadas con el abastecimiento y saneamiento de agua se lleva a cabo, en un gran porcentaje, por entidades públicas⁵⁹. Concretamente y según la información recogida en el *Cuadro 1.16*, la gestión del ciclo corresponde íntegramente a entidades públicas en islas menores, mientras que en algunos

⁵⁵ Ver Macías (1990).

⁵⁶ Los Heredamientos y Comunidades de Agua de las Islas Canarias son agrupaciones de propietarios de aguas privadas, cuya diferencia fundamental queda resumida en las siguientes líneas: *“con independencia de su origen más o menos remoto, los Heredamientos o Heredades tradicionales se constituyen para el mejor aprovechamiento de un agua ya existente, a la que se tiene derecho con anterioridad a la creación de la entidad...”*; mientras que *“la constitución de estas modernas Comunidades de aguas del Archipiélago Canario es anterior al alumbramiento del agua, siendo éste su fin primordial”* (Pérez, 1998:96).

⁵⁷ Ver un análisis comparativo del régimen general o estatal del agua y del régimen del agua en las Islas Canarias en Pérez, 1998.

⁵⁸ Aguilera y Sánchez (2002) hacen un estudio detallado de *los mercados de agua* en Tenerife.

⁵⁹ En el caso concreto de la depuración de aguas residuales la Ley de Aguas de Canarias regula en sus artículos 61 al 72 asuntos relacionados con la protección de la calidad de las aguas, otorgando plena capacidad de actuación en esta materia al Gobierno de Canarias y a los Consejos Insulares (art.65). Estos organismos podrán hacerse cargo, de manera directa o indirecta, y con carácter temporal de la explotación de instalaciones de depuración (art.69).

municipios de las islas mayores, este servicio es gestionado por empresas mercantiles privadas (31%) o de capital mixto (11%).

CUADRO 1.16
TIPO DE EMPRESAS QUE GESTIONAN LOS SERVICIOS DE
ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO DE AGUAS EN CANARIAS

	Privada	Pública	Mixta	TOTAL
Tenerife	10	18	3	31
Gran Canaria	6	12	3	21
Lanzarote	0	7	0	7
Fuerteventura	0	6	0	6
La Palma	0	14	0	14
La Gomera	0	6	0	6
El Hierro	0	2	0	2
TOTAL	16	65	6	87

FUENTE: Elaboración propia a partir de Luis (2003)

La proporción de estos tres tipos de organización en la gestión hidráulica es muy similar entre las dos islas mayores del archipiélago (Tenerife y Gran Canaria), coincidiendo con la distribución que se mantiene en el resto de las comunidades españolas, tal y como se desprende del Informe publicado por la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS, 2002)⁶⁰.

De la lectura de este informe se deduce que estos servicios relacionados con el agua están gestionados en un 49 % por empresas públicas, un 32 % por Sociedades Privadas, un 12 % a través de empresas mixtas y el resto por las propias corporaciones locales. Concretamente, en las áreas metropolitanas la sociedad pública es claramente mayoritaria en la gestión con un 67% frente al 33% de empresas privadas, mientras que en los municipios de menos de 20.000 habitantes, el Ayuntamiento, sigue siendo la figura principal de la gestión de estas actividades.

⁶⁰ La Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS) elaboró la VI Encuesta Nacional de Abastecimiento, Saneamiento y Depuración en base a cuestionarios remitidos a 1.323 municipios de todas las comunidades autónomas españolas, lo que representa a más de 23 millones de habitantes.

Las Comunidades Autónomas y la Administración Central han sido las encargadas de redactar los planes regionales y nacional de saneamiento y depuración respectivamente, asumiendo la responsabilidad técnica y financiera necesaria para garantizar el cumplimiento de la Directiva Comunitaria 91/271.

Esta norma europea está reglada por el Real Decreto Ley 11/1995 y sobre ella se sustenta el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración vigente en España desde 1995⁶¹.

1.4.2. Percepción social del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales

Del trabajo de Seguí (2004) se desprende que la mayoría de las prácticas de reutilización se dirigen hacia la agricultura y el riego de jardines⁶². De hecho el aprovechamiento del valor fertilizante de esta agua era una práctica que se venía realizando en la antigüedad por griegos y romanos, sin embargo en los últimos años ha ido tomando fuerza como sistema alternativo de producción de agua sobre todo en zonas deficitarias.

⁶¹ El Plan Nacional de Depuración de Aguas Residuales 1995-2005 fue aprobado por acuerdo de Consejo de Ministros el 17 de febrero de 1995 y publicado por Resolución de 28 de abril de 1995 (BOE 12-05-95) de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda.

⁶² Son aún reducidos los volúmenes que se manejan de agua residual, como posibilidad de reutilización en el suministro de aguas potable, el motivo fundamental es la posibilidad de riesgo en la salud pública. Esta reutilización para consumo humano puede ser de dos tipos

- a. Uso directo, que consiste en introducir el agua residual tratada en la red de suministro para su consumo, es un sistema no recomendable y sólo aceptable en casos extremos de emergencia por escasez de agua.
- b. Uso indirecto, que se refiere a la mezcla del agua residual con otras fuentes alternativas de agua potable, por ejemplo, vertido al cauce de un río, recarga de acuíferos,... Los antecedentes de reutilización para el uso de agua potable, del agua residual tratada por vía directa fue en Chnute Kansas, 1955-1957 con motivo de una gran escasez de agua durante ese período. Por el procedimiento indirecto se encuentran las ciudades de los Angeles, California, el Paso en Texas, el norte de Virginia, donde 60.000 m³/día son descargados en un embalse superficial para el abastecimiento de 700.000 habitantes, Singapur, que coge las aguas residuales urbanas las trata al más alto nivel y las utiliza para hacer chips de la más alta tecnología, Israel, que como ya hemos comentado, utiliza el agua residual de Tel Aviv para recargar un acuífero,...

Según datos que facilita el Instituto Nacional de Estadística en España se consumen un total de 22.771 millones de m³ de agua al año, de los cuales 1.554 se destinan al consumo industrial, 3.535,70 al abastecimiento urbano y 17.681,3 al sector agrario. Si se completase el Plan Nacional de Saneamiento y se depurasen correctamente todos los vertidos urbanos producidos en el territorio nacional, se podría disponer de un potencial de agua de unos 5.000 hm³ al año.

Sin embargo esta opción aparte de los posibles obstáculos financieros, se debe enfrentar con la barrera social que supone el uso del agua residual tratada. De hecho muchos autores prefieren el término de agua regenerada al referirse a la reutilización de aguas residuales precisamente para suavizar las connotaciones sociales negativas que el término “reutilización de aguas residuales” provoca en la población (Grobicki, 1999).

Incluso la simple depuración de aguas residuales no se entiende como una responsabilidad ciudadana sino como un abuso, puesto que un importante porcentaje de la población considera injusto que se cobre por depurar el agua cuando ya se ha cobrado previamente por su uso⁶³.

En definitiva el agua regenerada se suele percibir como un “*artículo de segunda mano*” que otro ya ha utilizado, sin embargo habría que matizar que, desde ese punto de vista, el agua blanca también es un artículo de segunda mano pero reciclado por la propia naturaleza.

Por lo tanto, y en función de lo expuesto a lo largo de ese capítulo, creemos que resulta fundamental diseñar un nuevo modelo económico y social de gestión del agua que reconozca la importancia que el agua regenerada aporta al propio ciclo hidrológico.

⁶³ Consultar en www.mma.es/educ/ceneam

1.5.- NECESIDAD DE UN NUEVO MODELO ECONÓMICO Y SOCIAL DE GESTIÓN DEL AGUA

Tal y como hemos visto, la depuración de aguas residuales y su posterior reutilización es un proceso industrial con un doble beneficio social:

- Permite “limpiar” el agua residual antes de ser devuelta al medio, con lo que se consigue reducir el impacto medioambiental negativo que puedan llegar a sufrir los ecosistemas acuáticos.
- Se ha convertido en una nueva fuente de recursos hídricos al permitir regenerar el agua ya consumida para volver a ser usada, suponiendo, por lo tanto, un ahorro importante de agua blanca.

Este doble beneficio social, como tratamiento de residuos y como sistema de abastecimiento, otorga a esta actividad un papel fundamental dentro del ciclo hidrológico.

Si entendemos por actividad medioambiental⁶⁴ *“cualquier operación cuyo propósito principal sea prevenir, reducir o reparar el daño sobre el medio ambiente”*, podemos considerar que el proceso de depuración y posterior reutilización de aguas residuales es precisamente una actividad de carácter medioambiental dentro del propio ciclo del agua y como tal, requiere un tratamiento específico en lo que a materia económica se refiere.

En definitiva, la necesidad de fomentar el uso de sistemas de racionalización del agua exige la revisión de los patrones de gestión actualmente existentes en lo que respecta al agua, con el fin de diseñar un nuevo modelo económico y social que se amolde a los nuevos requerimientos en esta materia.

Ya hemos visto, a través del estudio del ciclo hidrológico, que el agua no desaparece sino que se recicla y vuelve a ser usada en un proceso continuo. Este

⁶⁴ Resolución del ICAC del 25 de marzo de 2002.

reciclaje natural del agua se ha podido industrializar, recayendo sobre el ser humano la responsabilidad de devolverla al medio en condiciones óptimas para volver a ser usada, incluso directamente⁶⁵.

En función de lo expuesto a lo largo de este capítulo, partimos de la hipótesis de que el valor que aporta el agua regenerada supera con creces sus costes, obteniendo una plusvalía por la diferencia, en la medida en que estamos tratando con una fuente alternativa de recursos hídricos que es fundamental considerar en una gestión planificada del ciclo.

Valor del agua regenerada = Coste total de la producción + Plusvalía

Este exceso de valor de carácter social resulta difícilmente cuantificable⁶⁶. Ya afirmaba García (1984:73) que *“el valor del producto tiene su origen causal*

⁶⁵ El arquitecto y urbanista griego Doxiades, siendo presidente de una comisión de la ONU para el estudio de los problemas generales del agua en el mundo, se expresó en 1970 en los siguientes términos: *“En el futuro no se necesitará elevar más agua sino recircularla. En la industria los sistemas cerrados son técnicamente posibles. En 1957, durante una fuerte sequía, la población de Chinook, Kansas, recirculó sus aguas nueve veces. Por ese mismo tiempo ya eran de color ámbar, pero nadie enfermó,...”*. Citado por Martínez (1997:55).

⁶⁶ La cuantificación económica de los beneficios derivados de las obras hidráulicas es tarea complicada ya que no existen precios de mercado que permitan una rápida valoración. Además, en el caso particular de obras hidráulicas con fines especialmente medioambientales el problema es aún más complejo.

Para la cuantificación monetaria de los activos medioambientales y para poder valorar, en consecuencia, tanto las externalidades negativas de los proyectos de infraestructura como los beneficios derivados por la evitación de dichos efectos secundarios, se han venido proponiendo en los últimos años diversos métodos, siendo los más usuales los siguientes:

a).- El coste de desplazamiento. El modelo valora el beneficio derivado de la recuperación ambiental aplicada a lugares concretos en función de la curva de demanda que relaciona el potencial numérico de visitantes que atraería el lugar y el coste que estarían dispuestos a soportar.

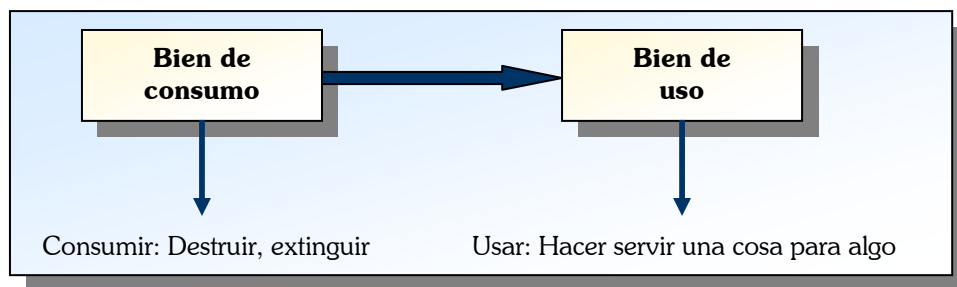
b).- Los precios hedónicos. Con este método se pretende, por un lado identificar todos los atributos de un determinado bien que explican su precio y, por otro, discriminar la importancia cuantitativa de cada uno de ellos. Uno de los casos más obvios y, por lo tanto, más utilizado en la literatura es el de la vivienda. El valor de las propiedades inmobiliarias depende de muchos factores, no sólo de la cantidad y calidad de las viviendas, sino también del nivel y la calidad de los servicios públicos locales y también de la calidad ambiental, medida a través de factores como la contaminación, la acústica,... Así una aplicación típica de este método podría ser, cuantificar el beneficio derivado del disminuir la contaminación de un río a través del aumento de precio que se espera experimente la vivienda de la zona debido a este concepto.

c).- Valoración contingente. Consiste en determinar mediante encuestas la máxima disposición a pagar por la obra hidráulica en estudio. Uno de los inconvenientes del método es que al tratarse

en el valor de los factores consumidos, pero éste no se reproduce necesariamente en aquél. En el valor reproducido influyen otros factores del contexto social”.

En resumen, el conocimiento del ciclo hidrológico nos lleva a reflexionar sobre la necesidad de cambiar la idea, por otro lado tradicional, de que el agua, una vez consumida, desaparece.

FIGURA 1.5
DE BIEN DE CONSUMO A BIEN DE USO



FUENTE: Elaboración propia

Este modelo de gestión que demandamos debe ser capaz de cuantificar, en términos de coste de oportunidad, el cambio de estado de agua depurada a regenerada, de forma que podamos contar con una herramienta sólida que nos permita llevar a cabo estudios comparativos, a nivel de costes, entre las distintas opciones barajadas en lo que a producción de agua se refiere, según aparece en el *Cuadro 1.17*.

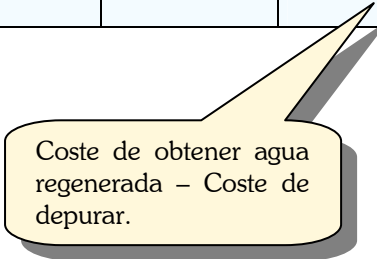
de un mercado hipotético se incurre en lo que en la literatura técnica se conoce como sesgos, que obliga a realizar ajustes en el método para poder llegar al verdadero valor del bien ambiental.

CUADRO 1.17

COSTE COMPARATIVO DE OBTENCIÓN DE AGUA POR LOS DISTINTOS SISTEMAS, CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

Convencionales		No Convencionales	
Sistemas de aprovechamiento superficial (presas y balsas)	Sistemas de aprovechamiento subterráneo (galerías y pozos)	Desalación	Regeneración

FUENTE: Elaboración propia



Coste de obtener agua regenerada - Coste de depurar.

Por otro lado, debemos recordar que el *“flujo del agua, desde sus fuentes naturales hasta el usuario final, además de un flujo real, es también un flujo económico en el que cada fase del proceso va recayendo en el eslabón siguiente de la cadena hasta el consumidor último”* (Tomás, 1993:134). Por lo tanto, si pretendemos diseñar instrumentos eficaces de gestión y valoración del agua, resulta fundamental incorporar el coste del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales dentro del coste total del agua con el fin de obtener una información completa que permita llevar a cabo una mejor actuación en materia hidrológica.

Como reconoce Mujeriego (1990), la reutilización de aguas residuales conlleva una disminución en los costes de tratamiento y vertido del agua residual, puesto que de alguna manera, estos quedan compensados en función de la cantidad de agua que se regenere al obtener una contraprestación económica por un producto que, en principio era considerado como un desecho.

Por último, el reconocimiento de la importancia de esta nueva fuente de producción de agua como sistema de autoabastecimiento, unido a la exigencia impuesta por la Unión Europea, a través de la Directiva Marco del Agua aprobada en Septiembre del año 2000, de incluir en el precio del agua todos los

costes que supone dicho servicio, incluyendo los medioambientales⁶⁷, exige el establecimiento de una tarifa de saneamiento con la cual se logren, al menos, los siguientes objetivos:

- 1.** Recuperar todos los costes incurridos en la prestación del servicio.
- 2.** Gestionar la demanda, evitando el despilfarro y la contaminación.
- 3.** Ofrecer una información transparente y fiable.

Frente a esta problemática el propio Instituto de Contabilidad y Auditoria de Cuentas (ICAC)⁶⁸ recomienda el diseño y la aplicación de sistemas de costes que permitan, entre otras cosas, una mayor transparencia en la gestión de los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua.

Por lo tanto, y coincidiendo con Moreno y Rico (2002), estamos convencidos del potencial que ofrece la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión a la hora de dar una respuesta correcta y fundamentada a estas cuestiones que, de esta forma, incorpora su experiencia, sobre todo en la producción industrial, al amplio y complejo mundo del agua.

Con esta certeza emprenderemos, en el siguiente capítulo, la tarea de diseñar un modelo de costes y de gestión que sirva como instrumento de toma de decisiones en lo que respecta a la propia planificación del ciclo hidrológico.

⁶⁷ Inspirados en el principio de “quien contamina paga” los Estados miembros deberán establecer, para el 2010 una política de precios para el agua que incentive un uso racional de los recursos hidráulicos.

⁶⁸ Introducción a las Normas de Adaptación del Plan General de Contabilidad a las Empresas del Sector de Abastecimiento y Saneamiento de Agua.

CAPÍTULO 2

**PROPUESTA DE UN MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN ADAPTADO A UN
PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

INTRODUCCIÓN

El Consejo de Ministros de los países del Consejo de Europa adoptó, en Octubre de 1967, la Carta Europea del Agua, solemnemente proclamada en Estrasburgo el 6 de Mayo de 1968, en la que ya se recogía, en el apartado IV, que *“cuando las aguas, después de utilizadas, se reintegran a la Naturaleza, no deberán comprometer el uso ulterior, público o privado, que de ésta se haga”*.

Precisamente, con esta intención surge el servicio de depuración de aguas residuales, al que se le ha ido exigiendo cada vez mayor precisión en función del aumento de sustancias contaminantes que forman parte del agua ya consumida.

Conscientes de las ventajas que aporta este sistema de producción de agua se han dedicado, en los últimos años, importantes esfuerzos en diseñar e implantar tecnologías adecuadas con el fin de poder reutilizar el agua ya depurada.

En resumen, y tal y como reconocíamos en el capítulo anterior, a este proceso de depuración y reutilización de aguas residuales se le asocia una doble función medioambiental:

- a. *Como proceso necesario para evitar el deterioro del entorno.* El ser humano vierte tanta cantidad de residuos a las aguas receptoras que éstas no son capaces de autopurificarse de forma natural. Cuando esta sobrecarga de residuos se produce en un curso de agua, éste se contamina, de ahí la importancia de “limpiar” las aguas residuales antes de ser vertidas al medio con el objeto de evitar daños medioambientales. En esta línea el propio Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Memoria, 1-7), de acuerdo con el *principio de precaución*⁶⁹, reconoce la importancia

⁶⁹ La declaración de Río de 1992 define el principio de precaución en los siguientes términos: *“cuando existen amenazas de daños serios o irreversibles, la falta de certeza científica total no podrá ser usada como una razón para posponer medidas de costo-beneficio con el fin de evitar la degradación ambiental”*, para O’Riordan y Jordan (1995:192) este principio *“requiere, en*

de los sistemas de depuración, si se asume como objetivo fundamental la reducción del deterioro medioambiental.

- b. *Como sistema de ahorro de agua.* En el V Programa Medioambiental de la Comunidad Europea, se reconoce que las materias primas son finitas y que el uso y consumo de las mismas debe gestionarse fomentando la reutilización y el reciclado con el fin de evitar el despilfarro. De hecho en muchas áreas, dada la tendencia decreciente de los recursos naturales, la reutilización de aguas depuradas supone una alternativa de gran interés, que exige una correcta planificación, construcción y explotación de las depuradoras de aguas residuales.

La selección de la alternativa “reutilizar agua” supone el disfrute de un beneficio diferencial, de carácter social que, aunque difícilmente cuantificable, exige ser tenido en cuenta a la hora de diseñar cualquier planificación hidrológica.

Estamos pues convencidos de la necesidad de incorporar el coste del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales en la cuantificación de las distintas alternativas de uso de agua, de manera que la toma de decisiones en este sentido sea lo más eficiente posible.

Normalmente, el agua depurada y apta para reutilizar no se percibe como un producto con opción de ser objeto de negocio. En este Capítulo reflexionaremos sobre la necesidad de cambiar esta concepción del agua tratada, de forma que se le reconozca su potencial como nuevo recurso hidrológico que exige un modelo para el cálculo de sus costes y su gestión.

Así el objetivo de este Capítulo será, por lo tanto, el diseño de un modelo de cálculo de costes y de gestión adaptado a un proceso de depuración y

esencia, que en todo momento exista una razonable incertidumbre en relación a los posibles daños ambientales o a la privación social que pueda surgir en un determinado proceder”, aunque estos autores reconocen que no existe una definición comúnmente aceptada ni un conjunto de criterios que guíen su puesta en funcionamiento.

reutilización de aguas residuales, tratando, además, de fijar unos indicadores que nos sirvan de guía. Esto implica la necesidad de seleccionar y adaptar un modelo de gestión y control de costes que permita cubrir las necesidades informativas básicas y apoyar, de esta forma, el desarrollo de una estrategia basada en el principio de racionalidad hidrológica que debe orientar toda acción emprendida en este campo.

2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: ESTUDIO DE UN CASO

Una vez expuesto el papel fundamental que juega la reutilización del agua residual dentro de una planificación óptima de este recurso pretendemos incorporar, retomando el último apartado del Capítulo anterior, la experiencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión a la hora de facilitar instrumentos que permitan organizar de forma racional el ciclo hidrológico.

Para ello propondremos un modelo de costes y de gestión adaptado al proceso de depuración y reutilización de aguas residuales con el que pretendemos:

- 1.** Reconocer en el proceso de depuración y reutilización de agua una actividad industrial de la cual se obtienen dos productos diferentes, *agua depurada y agua regenerada*, ambos con repercusiones medioambientales bien diferentes y que, por lo tanto, es importante cuantificar por separado.
- 2.** Obtener un coste aproximado para cada operación de producción, de forma que se favorezca la toma de decisiones internas y nos permita realizar comparaciones sólidas con respecto a otras alternativas hídricas.
- 3.** Contar con unos indicadores de gestión que sirvan como guía a la hora de garantizar la buena marcha del proceso.

4. Servir de base a la hora de poner en marcha un sistema de tarificación racional para esta actividad en concreto, que permita, entre otras cosas, una recuperación íntegra de los costes que intervienen en un proceso de estas características, una gestión eficaz de la demanda y un apoyo a técnicas anticontaminantes.
5. Ofrecer al cliente una información detallada sobre la forma en la que se invierte el dinero que aporta como tasa de depuración, con el objeto de que se pueda sentir partícipe de este proceso y tome conciencia de la importancia que adquiere la reutilización como alternativa hidrológica.
6. Y por último, detectar aquellos aspectos que merezcan especial esfuerzo, con el fin de traducir estos requerimientos en opciones de investigación futuras, que permitan una mejor gestión del propio proceso.

Con el fin de alcanzar las metas propuestas hemos optado, tal y como justificaremos en el apartado siguiente, por aplicar el estudio de caso como método de investigación.

2.1.1. Justificación del método de investigación

En el campo de las ciencias sociales, área a la que pertenece nuestra disciplina, podemos recoger todas las herramientas de investigación en cinco grupos; experimentos, encuestas, análisis de datos, históricos y estudios de casos (Yin, 1989).

Entre estas alternativas el estudio de un caso nos parece la propuesta más acertada con el fin de dar respuesta a las cuestiones planteadas al comienzo de este apartado.

Ayuso y Ripoll (2005:138) definen a esta técnica como un “*método de investigación que tiene por objeto vislumbrar las conductas sociales por medio de la observación en profundidad ya sea de agrupaciones, de individuos*”

concretos o de parte o partes de una organización” reconociendo que la gran ventaja que aporta esta metodología está en la capacidad que tiene para *“suministrar una aproximación entre la teoría y la práctica”*.

Como reconoce Alvarez-Dardet (1993:199) para avanzar en la investigación, en determinadas ciencias, resultan imprescindibles *“las observaciones sistemáticas de los hechos y las descripciones de los mismos”* con el fin de llegar a conclusiones extrapolables al entorno que nos inunda. Una de las ciencias en las que el estudio de la particularidad permite sacar conclusiones sobre la generalidad⁷⁰ es la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión.

De hecho los estudios de caso permiten *“explicar las interrelaciones causales que se originan en la vida real, las cuales son demasiado complejas para los estudios estadísticos o los experimentos”* (Alvarez-Dardet, 1993:201).

También Ayuso y Ripoll (2005:138) reconocen la utilidad de la aplicación de los estudios de casos en la Contabilidad de Gestión *“para explicar los procesos que conducen a la utilización de determinadas prácticas contables individuales”*.

Siguiendo a Bonache (1998) entre las singularidades que definen a esta técnica de investigación creemos conveniente destacar las siguientes:

- ✓ Se recopila información a través de múltiples fuentes de datos, fundamentalmente podríamos señalar; la observación directa, las entrevistas con agentes relacionados de una forma u otra con el problema y el estudio de documentación específica.
- ✓ Resultan bastante flexibles, en la medida en que la estructura del proceso de investigación puede irse modificando en función de la información que se va obteniendo.

⁷⁰ Precisamente, muchos investigadores argumentan, como crítica a los resultados obtenidos de estudios de caso, que existe poca base para la generalización. Sin embargo, Yin (1989) recuerda que las dificultades para generalizar es un problema que afecta a otros métodos de investigación, como los experimentos.

- ✓ Permiten generalizar proposiciones teóricas y no tratan de extrapolar los resultados obtenidos del fenómeno objeto de estudio a una población.

Aunque existen diferentes tipologías de estudios de casos⁷¹ en este trabajo hemos aplicado la modalidad que Scapens (1990) denomina *experimental* y que pretende analizar la posibilidad de implantar en un sistema nuevas alternativas contables propuestas y desarrolladas por los investigadores, analizando las posibles consecuencias que el modelo sugerido proporciona .

Por lo tanto, y a partir de la observación de una realidad muy concreta, pretendemos generalizar⁷² la problemática asociada al proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, de forma que las soluciones aportadas para el caso particular objeto de estudio, se puedan extrapolar al resto de la población, creando un modelo de costes que permita servir de apoyo a la gestión de este tipo de actividades de forma eficaz, en función de los objetivos ya enumerados.

El diseño de cualquier modelo de costes requiere un contacto directo con el proceso sobre el cual se va a aplicar dicho análisis. Esto sólo se consigue con el estudio de manuales técnicos que permitan conocer a fondo el funcionamiento del proceso y a través de entrevistas con las personas implicadas, de manera que se pueda captar la esencia de la operación productiva.

Esta primera fase de observación sistemática de los hechos y recolección de datos no se puede llevar a cabo utilizando bases de datos sino que exige, entre otras cosas, seleccionar uno o varios casos que nos puedan servir de guía en nuestra actividad investigadora.

⁷¹ Estudios de caso descriptivos, ilustrativos, experimentales, exploratorios y explicativos. Ver una explicación de cada uno en Ayuso y Ripoll (2005).

⁷² En los estudios de casos se utiliza lo que se denomina inducción analítica, que consiste en ver lo general en lo particular. “*Es decir, en lugar de generalizar los resultados a una población, se intenta descubrir en casos concretos las causas o condiciones generales que nos permiten explicar y predecir un fenómeno*” (Ayuso y Ripoll, 2005:154).

Por lo tanto, con este trabajo no se pretende verificar ningún tipo de hipótesis, ni predecir un determinado comportamiento, sino que nuestra intención es diseñar un modelo de costes y de gestión adaptable a cualquier proceso similar al analizado partiendo de una experiencia real.

2.1.2. Selección del caso

A la hora de seleccionar el caso objeto de estudio y teniendo en cuenta que, tal y como comentábamos en el apartado anterior, se exige un contacto directo con el proceso, hemos limitado nuestra búsqueda a la isla de Tenerife, por cuestión de cercanía física.

Conscientes de sus limitaciones hidrológicas, los canarios han logrado superar la escasez de agua que ha marcado su desarrollo, haciendo uso, principalmente, de dos herramientas: el ingenio⁷³ y la técnica. De hecho, Tenerife, según se ha dejado ver de los datos que hemos incorporado con el fin de ilustrar el Capítulo 1, es una de las áreas más avanzadas a nivel nacional en lo que a reutilización de aguas residuales se refiere⁷⁴.

En esta isla se han construido un gran número de depuradoras de pequeña escala que en demasiados casos no han llegado ni siquiera a entrar en servicio, fundamentalmente por problemas económicos. Y otras que podríamos

⁷³ Realmente, la necesidad agudiza el ingenio, prueba de ello lo tenemos en el sistema de captación de agua que se utiliza en Uga, un pueblecito lanzaroteño donde los tejados de las casas sufren una pronunciada inclinación para recoger el agua y verterla en los aljibes (pequeños depósitos de agua).

⁷⁴ Sirva como ejemplo la celebración del III Foro Mundial del Agua celebrado en Japón el 22 de marzo de 2003, fecha en la que se conmemoraba el Día Mundial del Agua. En este acto Tenerife, representada por D. Sebastián Delgado, catedrático de la Facultad de Química de la Universidad de La Laguna, fue junto con Israel, California y Australia, seleccionada como caso práctico de reutilización de aguas residuales regeneradas

considerar de gran tamaño⁷⁵, que tratan las aguas residuales de varios municipios⁷⁶.

A su vez, y dentro de este último grupo, podemos distinguir entre dos tipos de depuradoras; de *primer nivel*, que recogen aguas residuales a través de las redes de alcantarillado, y de *segundo nivel*, de las que existen en Tenerife unas 200 depuradas autorizadas, que tratan aguas de áreas que no poseen alcantarillado⁷⁷. En este trabajo nos centraremos en el primer grupo de procesos.

En el *Cuadro 2.1* se recoge una relación de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales que, a la fecha de realización de este trabajo, estaban tratando el agua residual procedente de varios municipios a través de sus redes de alcantarillado y de las que se contaba con información oficial en el Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

Además de las que se incluyen en el cuadro existe una depuradora en Buenavista del Norte, que está actualmente en funcionamiento regulada por el propio Ayuntamiento, pero no controlada hasta el momento por el Consejo Insular de Aguas, dos que entrarán en funcionamiento en un corto plazo de tiempo (Puerto de la Cruz y Guía de Isora) y otras dos construidas pero no operativas en Güimar y La Laguna.

⁷⁵ Aunque habría que matizar que lo que se necesita no son grandes cantidades de plantas depuradoras, ni siquiera metros cúbicos de agua depurada, sino capacidad para procesar contaminación.

⁷⁶ El Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Memora, 10-13) establece un carácter supramunicipal para la aducción de aguas hasta los depósitos municipales, implicando de forma conjunta a los municipios próximos y al Cabildo. Del mismo modo, mediante colectores generales de ámbito comarcal se conseguirá un tratamiento conjunto de las aguas residuales. Estas economías de escalas redundarán en una mayor eficacia y en menores costes de explotación.

⁷⁷ En este sentido queremos destacar el trabajo que se está realizando a través del proyecto europeo DEPURANAT, que tiene como objetivo el tratamiento de aguas residuales por sistemas de bajo coste energético en áreas rurales y naturales, enmarcado en la Iniciativa Comunitaria INTERREG IIIB en el que participan; el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), la Oficina Internacional del Agua de Francia; la Universidad de Minho, la Agencia de la Energía y Medio Ambiente de Vale do Ave, y la Cámara Municipal de Vila Verde, de Portugal; además del Centro de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA) de Andalucía, la empresa pública Gestión y Planeamiento Territorial y Medioambiental S.A. (GESPLAN), el Cabildo de Tenerife y las Mancomunidades de Medianías y del Sureste de Gran Canaria.

CUADRO 2.1

ESTACIONES DEPURADORAS EN FUNCIONAMIENTO EN TENERIFE

	Empresa que la Gestiona	Caudal de diseño (m³/día)	Habitantes Equivalentes
Santa Cruz de Tenerife	Empresa Municipal de Aguas, S. A. (Emmasa) a través de Canaragua, S.A.	40.000	450.000
Valle de Guerra	Consejo Insular de Aguas, a través de Ondeo-Degrémont	2.500	16.667
Adeje-Arona	Consejo Insular de Aguas, a través de Ondeo-Degrémont	32.000	-
Punta del Hidalgo	Teidagua, S.A., a través de Canaragua, S.A.	1.120	5.170
Garachico	Ayuntamiento	914	4.750

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos facilitados por el Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

Todas las plantas depuradoras en funcionamiento, completan su proceso hasta un tratamiento secundario, pero únicamente se reutiliza el agua de la depuradora de Santa Cruz de Tenerife, para la agricultura y el riego de jardines y la de Adeje-Arona, para la agricultura.

Por lo tanto, hemos decidido instalar nuestro “laboratorio particular” en la Estación Depuradora y de Aguas Residuales (EDAR) que se encuentra ubicada en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, apoyándonos en los siguientes criterios no probabilísticos:

- ✓ Su cercanía física, lo que favorece una mayor asimilación del proceso en sí.
- ✓ Su importancia dentro del sector, puesto que aunque, tal y cómo veíamos existen varias depuradoras en el Archipiélago, la EDAR de Santa Cruz de Tenerife abarca, en unos 80 km., la totalidad del ciclo hidrológico⁷⁸.

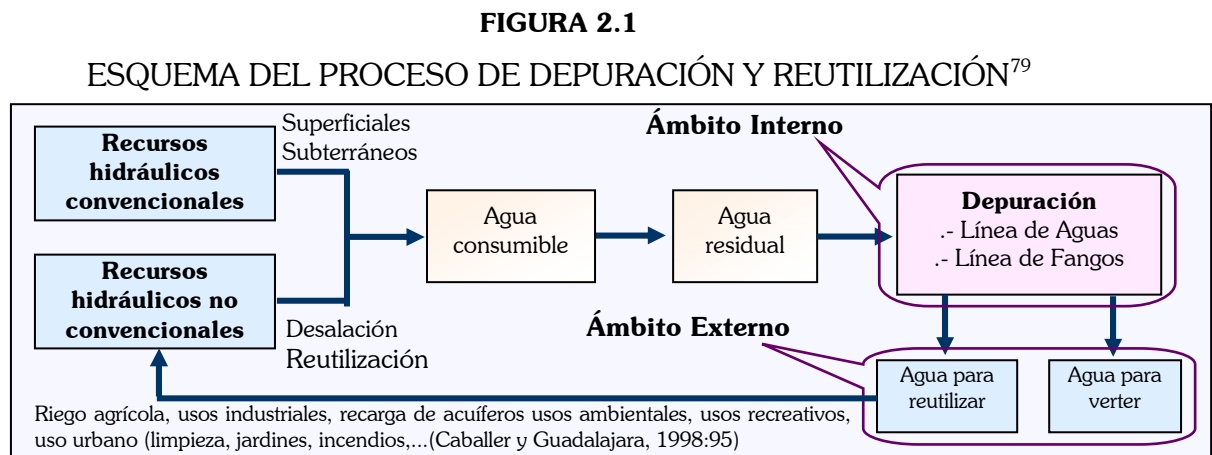
⁷⁸ La EDAR de Santa Cruz de Tenerife, es la estación depuradora de más experiencia en Tenerife, y engloba el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, puesto que una parte del agua residual recogida de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife se desvía hacia el sur de la isla para el riego agrícola. De hecho se trata del transporte de agua regenerada por tubería de mayor dimensión del mundo.

- ✓ El interés mostrado por parte de la empresa encargada de la gestión de esta actividad en prestar su colaboración en esta investigación. Debemos recordar que el cálculo de los costes es una tarea que corresponde al ámbito interno de la gestión empresarial, por lo que resulta fundamental la colaboración de las empresas implicadas con el fin de completar la información necesaria para la buena marcha del trabajo.

Una vez que hemos seleccionado el caso sobre el que vamos a desarrollar nuestra investigación analizaremos con detalle, en el siguiente apartado, el proceso de tratamiento del agua residual que se lleva a cabo en la EDAR de Santa Cruz de Tenerife.

2.2. PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA EDAR DE SANTA CRUZ DE TENERIFE

Ya hemos comentado que con el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales el ser humano colabora con la naturaleza acelerando una parte del ciclo hidrológico que cierra de forma industrial, según se observa en la *Figura 2.1*.



⁷⁹ Con el objeto de aclarar el funcionamiento del proceso se recomienda visitar la página <http://epsar.cop.gva.es/depuradorasv/castellano/activ/gestion.htm>.

Según se desprende de este esquema podemos distinguir los dos grandes ámbitos que reconocemos en cualquier proceso industrial, el externo y el interno. El primero conecta a la empresa con el mundo exterior y el segundo, acoge el proceso de transformación de la materia prima en productos terminados.

Dentro del ámbito interno dedicaremos los dos primeros apartados a describir las dos actividades fundamentales que se realizan en la EDAR de Santa Cruz de Tenerife; las relacionadas con el tratamiento del agua residual en sí (*Línea de Aguas*) y, paralelamente la que se debe poner en marcha con el objeto de gestionar los residuos que se obtienen como consecuencia de la primera (*Línea de Fangos*).

Por otra parte, dentro del ámbito externo comentaremos las dos posibilidades que existen de devolver la materia prima, recogida del mundo exterior, como output obtenido de este proceso, por un lado el *vertido* a un cauce receptor y por otro la *reutilización*.

2.2.1. Línea de aguas

La estación depuradora de aguas residuales de Santa Cruz de Tenerife (en adelante EDARSC) se puso en marcha por la Empresa Municipal de Aguas, S.A. (EMMASA) en 1980⁸⁰ y trata un caudal medio de 30.000 m³/día de las aguas residuales de la ciudad y 10.000 m³/día procedentes de la ciudad vecina de La Laguna, que corresponden a una población total de, aproximadamente, 300.000 habitantes.

La EDARSC consta de dos grandes instalaciones:

- Estación de tratamiento y bombeo de los Llanos.
- Instalaciones de depuración de Buenos Aires.

⁸⁰ Aunque fue construida por el Servicio Hidráulico entre 1966-1969.

La Estación de Tratamiento de Los Llanos, que ocupa una superficie 5.000 m², recoge las aguas residuales de la zona baja de la ciudad y trata un caudal medio diario de 20.000 m³. En cambio la planta de Buenos Aires, que ocupa una superficie de 40.000 m², consta de tres líneas de depuración y recibe, habitualmente, 10.000 m³/día de los colectores de la zona alta de la ciudad y otros 10.000 m³/día de La Laguna, que componen un caudal medio de 20.000 m³/día.

IMAGEN 2.1

ESTACIÓN DEPURADORA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE.



FUENTE: www.emmasa.com

La calidad del agua residual ha empeorado con el tiempo debido, por un lado al aumento del vertido de productos contaminantes, y por otro a la disminución en el consumo de agua, lo que implica una mayor concentración de contaminantes en menor cantidad de líquido.

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas medidas físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)⁸¹, la demanda química de oxígeno (DQO)⁸² y el PH⁸³.

⁸¹ La DBO₅ es la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos (bacterias aerobias) a lo largo de un período de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20° C. Este parámetro suele utilizarse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas.

En Canarias, el bajo consumo de agua⁸⁴ hace que la carga orgánica esté concentrada en pocos litros de agua, por lo que el proceso se hace mucho más complejo. La DBO₅ de entrada a la planta ha pasado de 250 mg. O₂/l en 1965 hasta los actuales 750 mg.O₂/l, aunque los rendimientos de la depuración se mantienen dentro de los límites aceptables.

En el *Cuadro 2.2* se incluye un detalle de los caudales tratados por las dos plantas depuradoras durante el año 2001.

CUADRO 2.2
CAUDALES MEDIOS DIARIOS TRATADOS EN LA EDARSC, AÑO 2001

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviembre	Diciembre
Entrada Los Llanos												
Zona baja	23.872	24.635	24.432	24.434	21.798	21.798	19.999	20.000	20.000	20.666	20.000	19.355
Emisario	23.872	24.635	24.432	24.434	20.532	18.700	15.636	14.546	14.768	15.495	18.514	19.355
Buenos Aires	0	0	0	0	1.266	3.098	4.363	5.454	5.232	5.171	1.486	0
Entrada Buenos Aires												
Zona alta	12.881	16.052	16.231	20.042	20.139	20.775	18.371	17.566	18.351	19.170	17.308	12.099
Los Llanos	0	0	0	0	1.266	3.098	4.363	5.454	5.232	5.171	1.486	0
Total	12.881	16.052	16.231	20.042	21.405	23.873	22.734	23.020	23.583	24.341	18.794	12.099
<i>Pretratamiento</i>	12.881	16.052	16.231	20.042	20.139	20.775	18.371	17.566	18.351	19.170	17.308	12.099
<i>Primario</i>	12.881	16.052	16.231	20.042	20.139	20.775	18.371	17.566	18.351	19.170	17.308	12.099
<i>Secundario</i>	12.881	16.052	16.231	20.042	20.139	20.775	18.371	17.566	18.351	19.170	17.308	12.099
Mermas	1.500	1.500	1.501	1.499	1.500	1.501	1.501	1.600	1.496	1.549	1.501	1.542
A BALTEN	8.165	11.170	11.374	15.683	17.036	18.270	17.857	18.029	18.652	19.255	14.696	8.516
Terciario	3.216	3.382	3.356	2.860	2.869	4.102	3.376	3.391	3.435	3.537	2.597	2.041
Indias	1.662	1.788	1.787	1.479	1.546	1.627	1.708	1.723	1.717	1.801	1.713	1.340
Ofra	1.104	1.035	1.034	796	723	944	1.024	940	1.030	1.070	363	216
Litoral	363	457	430	450	450	450	450	450	450	465	450	435
Camiones	87	102	105	135	150	1.081	194	278	238	201	71	50
Reutilizada	11.381	14.552	14.730	18.543	19.905	22.372	21.233	21.420	22.087	22.792	17.293	10.557
Mermas	1.500	1.500	1.501	1.499	1.500	1.501	1.501	1.600	1.496	1.549	1.501	1.542

FUENTE: Elaboración propia, a partir de los datos facilitados por EMMASA.

Se elige el intervalo de cinco días para reducir el periodo de control, puesto que una degradación completa de la materia orgánica supondría un período superior a las 3 – 4 semanas.

⁸² La DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. Se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

⁸³ El PH mide la acidez de una muestra de aguas residuales.

⁸⁴ Recordemos que, según el *Cuadro 1.1* que incluíamos en el Capítulo anterior, el consumo durante el año 2001 en esta Comunidad fue de 135 l/h/d, estando la media nacional en 160 l/h/d.

El agua residual que llega a la Estación de Los Llanos, normalmente con mayor concentración de contaminantes debido a la existencia de industrias en esta parte de la ciudad, es sometida a un proceso de pretratamiento, para luego ser vertida al mar a través de emisarios, aunque tal y como se desprende al observar el cuadro anterior, en los meses más cálidos y debido al aumento de la demanda de agua para riego, se envía una parte⁸⁵ a la Estación de Buenos Aires.

El total de agua que se recibe en la planta de Buenos Aires, a excepción de una pequeña cantidad, estimada en 1.500 m³ al día, que se pierden debido a las purgas de los aliviaderos⁸⁶, se reutilizan bien en la agricultura o en el riego de los jardines de la propia ciudad.

La materia prima del proceso de depuración es el agua residual⁸⁷, cuya composición puede variar por zonas e incluso por temporadas, en función de los hábitos de la comunidad que las genera, según el nivel de consumo de agua, el tipo de industria que exista o el régimen alimentario.

El agua residual es agua que lleva sólidos, disueltos⁸⁸ o en suspensión⁸⁹. Los sólidos constituyen, normalmente, menos de dos centésimas por cien del agua residual en peso. Eliminar esta pequeña cantidad de sólidos es el objetivo principal de la planta depuradora.

Estos sólidos, a su vez pueden ser orgánicos e inorgánicos. Los sólidos orgánicos son los residuos de las formas vegetales y animales y se pueden

⁸⁵ Que puede llegar a ser de un 30% en agosto.

⁸⁶ Los aliviaderos recogen los posibles excesos de caudal que se vuelven a incorporar al ciclo.

⁸⁷ La Directiva 91/271, distingue en su apartado 2, entre:

- Aguas residuales domésticas: Las aguas residuales generadas por el metabolismo humano y las actividades domésticas procedentes de zonas de viviendas y servicios.
- Aguas residuales industriales: Todas las vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial que no sean domésticas ni de escorrentía pluvial.
- Aguas residuales urbanas: Las domésticas o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.

⁸⁸ Los sólidos disueltos son los que se encuentran en solución con el líquido.

⁸⁹ Los sólidos en suspensión son materiales sólidos de tamaño variable que se mantienen en suspensión en el agua o en el aire.

descomponer. En cambio los sólidos inorgánicos no suelen ser biodegradables, y por lo tanto no se pueden eliminar, entre ellos se encuentran materiales como arenas, gravas, sedimentos y sales.

En general podríamos decir que las aguas residuales pluviales y las procedentes de actividades domésticas están compuestas, en su mayoría, por sustancias biodegradables⁹⁰, lo que significa que se pueden tratar y depurar por los medios tradicionales. Mientras que las aguas residuales industriales presentan características muy diversas, dependiendo no solo del tipo de industria sino también del proceso que se utilice en cada una de ellas, pudiendo ser tanto biodegradables como biorresistentes⁹¹.

La Línea de Aguas engloba todas aquellas actividades, más o menos complejas, cuyo objetivo sea eliminar los elementos contaminantes que contiene el agua residual.

En función de la composición de las aguas residuales y del uso posterior de las mismas, el tratamiento de las aguas ya consumidas puede ser de muy diversos tipos.

Los diferentes sistemas utilizados en el tratamiento de aguas residuales, se pueden clasificar, tal y como figura en la *Cuadro 2.3*, en función de una serie de criterios:

⁹⁰ Las sustancias biodegradables “son las constituidas por sustancias orgánicas, que se oxidan mediante la acción de determinados microorganismos (biodegradación) obteniendo como productos finales, los elementos componentes de la molécula en su grado máximo de oxidación”, (Marcos, 1999:10).

⁹¹ Las sustancias biorresistentes “son las constituidas por sustancias inorgánicas, y por algunas sustancias orgánicas, que no pueden ser atacadas por ningún microorganismo y que por lo tanto permanecen en el medio ambiente” (Marcos, 1999:10).

CUADRO 2.3
CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES

SISTEMAS	DESCRIPCIÓN	TAREAS
1.- Según el medio de eliminación de los contaminantes		
Físicos	Son métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos.	Desbaste, desarenado, desengrasado, triturado, sedimentación y flotación.
Químicos	En estos procesos la eliminación de contaminantes se efectúa mediante la adición de productos químicos	Coagulación-floculación, neutralización, oxidación y reducción.
Biológicos	En este caso se eliminan los contaminantes a través de actividades biológicas ⁹² .	Fangos activos y lagunaje.
SISTEMAS	DESCRIPCIÓN	TAREAS
2.- Según la fase de depuración⁹³		
Pretratamiento ⁹⁴	El objetivo de esta fase es eliminar los sólidos gruesos, tanto orgánicos como inorgánicos, aceites y grasas que arrastra el agua residual, de forma que se reduzca al máximo la probabilidad de que el resto de instalaciones sufran algún deterioro que suponga una parada en el proceso.	Desbaste, desarenado, triturado y desengrasado.
Tratamiento Primario ⁹⁵	Es el proceso o conjunto de procesos que permite separar las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento, su objetivo es romper el estado coloidal de las partículas, formando flóculos de gran tamaño, de manera que decanten más rápidamente.	Sedimentación.

⁹² La tecnología continúa avanzando a marchas forzadas, en este campo se están instalando las primeras Depuradoras con Tecnología de Membrana, sistema también biológico, a través del cual se consigue filtrar el agua ya consumida a través de una serie de pequeñas membranas, de forma que se conseguiría con un tratamiento secundario el mismo resultado que se obtiene actualmente con un terciario.

⁹³ Algunos autores amplían las opciones distinguiendo entre Tratamientos Primarios, Secundarios, Terciarios o Cuaternarios (Shuval, 1974) o entre Preliminar o Pretratamiento, Primario, Secundario, Terciario, Avanzado y Desinfección (Rico *et al.* 1998). Lo que está claro es que no existe un consenso general sino que el contenido de cada una de estas fases varía según autores y diseño. El proceso Cuaternario o Avanzado y/o el de Desinfección, que son los únicos que no hemos incluido en el Cuadro 2.3, permitiría alcanzar unos niveles de optimización de la calidad del recurso tratado que podría aproximarse a la del agua potable para uso doméstico.

⁹⁴ Ya el Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Normas, 10-16) reconocía la necesidad de llevar a cabo un pretratamiento a través del siguiente párrafo: “*Se prohíbe el vertido directo de aguas residuales brutas al mar. Todo vertido de aguas residuales desde tierra al mar deberá sufrir, con carácter general, un pretratamiento. Dicho pretratamiento consistirá normalmente en un sistema de rejillas o desbastado, desarenado, desengrasado y tamizado. El grado de tratamiento exigido queda determinado según los objetivos de calidad establecidos por las normas vigentes para las distintas zonas de uso que pudieran afectar al vertido*”.

SISTEMAS	DESCRIPCIÓN	TAREAS
Tratamiento Secundario ⁹⁶	Incluye procesos biológicos, tanto aerobios ⁹⁷ como anaerobios ⁹⁸ , en los cuales la materia orgánica es descompuesta en sustancias sedimentables que pueden ser separadas del agua mediante decantación.	Fangos activos y lagunaje.
Tratamiento Terciario ⁹⁹	Su función es la de eliminar restos de compuestos tóxicos y orgánicos no biodegradados, de forma que la calidad del efluente aumente.	Cloración, ozonización y radiación ultravioleta.
3.- Según el coste de la explotación		
Tecnologías de bajo coste, métodos blandos o extensivos ¹⁰⁰	A través de estos sistemas se pretende imitar de la forma más fielmente posible, la depuración natural. Estos métodos requieren grandes cantidades de espacio, el consumo de energía es mínimo y los costes generales de mantenimiento son bajos.	Lagunaje.
Métodos convencionales	En este apartado se recogen los métodos tradicionales de depuración cuya base de funcionamiento son también procesos naturales de depuración pero bajo una dinámica industrial. Son sistemas intensivos, tienen bajos requerimientos de espacio pero precisan aporte de energía para el proceso y necesitan de un control preciso.	Fangos activos.

FUENTE: Elaboración propia según Ulloa (1996), citado en Pérez (1998:2-4).

⁹⁵ El Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Normas,10-6) se refiere a él como aquel “proceso físico y/o químico que reduzca la DBO5 de las aguas de entrada o de los efluentes al menos un 20% y el total de los sólidos en suspensión por lo menos un 50%”.

⁹⁶ El Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Normas,10-6) lo considera como aquel “proceso que incluyendo generalmente un tratamiento biológico con sedimentación secundaria, logre reducciones mínimas conjuntas del 70% de la DBO5, 75% de la DQO y 90% del total de sólidos en suspensión”.

⁹⁷ Los procesos aerobios se llevan a cabo en balsas en las que se mantiene una concentración adecuada de oxígeno, mediante sistemas mecánicos, como agitación, o mediante inyección de oxígeno puro o aire.

⁹⁸ Los procesos anaerobios se dan en ausencia de oxígeno y se llevan a cabo en reactores cerrados, generándose gases de reacción ricos en metano, que pueden ser aprovechados para producir energía, dado su alto poder calorífico.

⁹⁹ El Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Normas,10-6) lo define como un “tratamiento complementario de los anteriores para reducir aún más el contenido de materias en suspensión o el de la DBO5, así como eliminar las sustancias nutrientes (fosfatos y nitratos), DQO no biodegradable, tóxicos orgánicos o minerales, color, detergentes, gérmenes patógenos y parásitos. Las reducciones obtenidas dependen de la calidad del efluente, de la naturaleza del tratamiento y del grado de intensidad del mismo”.

¹⁰⁰ Concretamente, en Tenerife, el Cabildo ensaya en el municipio de Buena Vista del Norte un sistema natural para depurar aguas residuales instalado en el parque rural de Teno. “La planta piloto... está dotada con filtros compuestos por especies de diferentes plantas, que sirven para tratar las aguas residuales procedentes del caserío, a unos costes de mantenimiento que los técnicos insulares consideran prácticamente inexistentes” (El Día, 27 de noviembre de 2002).

Descripción de las tareas:¹⁰¹

- ✓ *Desbaste o cribado de sólidos:* Normalmente es un proceso que se ejecuta en dos fases, primero se eliminan los sólidos más gruesos (plásticos, piedras, trapos, etc.) utilizando rejillas gruesas y después se retienen los sólidos de menor tamaño a través de rejillas finas o tamices.
- ✓ *Desarenado:* El desarenado tiene por objeto extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales más o menos finas con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y evitar sobrecargas en las fases de tratamientos siguientes. Para ello, se hace pasar el agua por unos tanques donde, se mantiene la velocidad del agua residual en valores de aproximadamente 0,3 m/s, con el fin de conseguir que se depositen las partículas de arenas más pesadas y las materias orgánicas se mantengan en suspensión.
- ✓ *Desengrasado:* En este caso el objetivo es eliminar la mayor parte de las grasas, aceites y detergentes, que pueden interferir en los procesos posteriores. Para ello, se inyecta aire en los tanques, formándose burbujas a las que se adhieren las gotas de aceite y las partículas de espuma, de manera que ascienden a la superficie donde forman una capa, que es extraída de forma mecánica.
- ✓ *Triturado o dilacerado:* Los trituradores o dilaceradores son aparatos con cuchillas que desmenuzan los sólidos en el seno de la corriente del agua residual.
- ✓ *Sedimentación:* A través de este proceso se consiguen eliminar los sólidos en suspensión susceptibles de separación por diferencia de densidad. Las partículas más pesadas que el agua son separadas por acción de la gravedad.
- ✓ *Flotación:* Para eliminar sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua se introducen finas burbujas de gas, que se adhieren a las

¹⁰¹ Cercós (1993:49-70), hace una descripción completa de los distintos sistemas de depuración existentes.

partículas de manera que suben a la superficie y así pueden ser recogidas mediante un rascado superficial.

- ✓ *Coagulación–floculación.* A través de la dosificación de determinados compuestos químicos se descargan los coloides de manera que decanten o floten posteriormente y así poder retirarlos.
- ✓ *Neutralización:* Ajuste del ph a un valor próximo a neutro, se utiliza con las aguas industriales ya que las urbanas tienen un ph cercano a 7,5 que resulta óptimo para los procesos posteriores.
- ✓ *Oxidaciones y reducciones:* Se lleva a cabo por adición de reactivos que provocan reacciones de oxidación o reducción de los compuestos a eliminar.
- ✓ *Fangos activos:* Es un tipo de proceso biológico que tiene lugar en el tratamiento secundario de las aguas residuales y consiste en reducir la materia orgánica degradable biológicamente. Este sistema es el que se utiliza en la EDAR objeto de estudio por lo que lo describiremos con mayor detalle en páginas siguientes.
- ✓ *Lagunaje:* Es un sistema de tratamiento del agua residual que emplea como soporte una laguna o grupos de lagunas construidas artificialmente, denominadas generalmente “lagunas de estabilización”. Estos sistemas se engloban dentro de las tecnologías “blandas” de depuración o de bajo coste.
- ✓ *Cloración:* Se utiliza para la desinfección del agua residual, y también para el control de olores.
- ✓ *Ozonización:* Es útil para el control de los agentes responsables de la producción de sabores, olores y colores. El ozono es un oxidante extremadamente reactivo, que desintegra la pared celular de las bacterias, se entiende que su efectividad es superior a la del cloro.
- ✓ *Radiación ultravioleta:* Se ha comprobado que una correcta dosificación es un eficaz bactericida y virucida, además de no contribuir a la formación de compuestos tóxicos.

La Directiva Comunitaria 91/271 sobre depuración de aguas residuales establece un calendario de obligado cumplimiento (artículo 4) con adopción de sistemas biológicos con sedimentación secundaria en todos los casos (*Cuadro 2.4*), a excepción de las áreas definidas como de gran sensibilidad ecológica¹⁰², para las cuáles se exigen tratamientos más avanzados.

CUADRO 2.4
PROCESO EXIGIDO SEGÚN TIPO DE ZONA.

Proceso	Zona	Tipo	Población (h.e.)¹⁰³
Tratamiento Primario	Zonas Menos Sensibles	Aguas Costeras	10.000 y 15.000
Tratamiento Primario	Zonas Menos Sensibles	Estuarios	2.000 y 10.000
Tratamiento Secundario	Zonas Normales	Aguas Costeras	> 10.000
Tratamiento Secundario	Zonas Normales	Aguas Continentales y Estuarios	> 2.000

FUENTE: Directiva 91/271/CEE, apartado 3.

De acuerdo con la distinción que hace la Directiva Comunitaria 91/271/CEE utilizaremos, para describir el proceso que nos ha servido como objeto de estudio, la clasificación por fases de depuración que veíamos en el *Cuadro 2.3* y que describiremos con mayor detenimiento en las páginas siguientes.

¹⁰² “ La Organización Marítima Internacional (OMI) ha aprobado definitivamente la declaración de Canarias, y las aguas que rodean al Archipiélago, como Zona Marina Especialmente Sensible (ZMES). Se considera que una ZMES es aquella zona marítima que debe ser objeto de una especial protección en atención a su importancia por motivos ecológicos, socioeconómicos o científicos, o porque su medio ambiente pueda sufrir daños como consecuencia de las actividades marítimas. Sólo unas pocas regiones en todo el mundo han obtenido, hasta ahora, esta designación por la OMI (Las Islas Galápagos, la Gran Barrera Coral de Australia, el Mar Báltico, los Cayos de Florida, los arrecifes de Camanguay en Cuba, y las aguas de Europa occidental, que incluyen el Mar Cantábrico y las costas y bancos de pesca de Galicia). Se prevé que las medidas de protección asociadas a este reconocimiento entren en vigor a partir de diciembre de 2006, (El Día, 20/07/2005).

¹⁰³ La Directiva Comunitaria 91/271 establece que un habitante equivalente tiene una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días (DBO₅) equivalente a 60 gramos de oxígeno por día.

2.2.1.1. Pretratamiento

Toda el agua que se recibe en la EDARSC, tanto en Los Llanos como en Buenos Aires, se somete a un Pretratamiento, cuyo esquema gráfico se incluye en el **Anexo 2.1** de este Capítulo, dónde a través de unas rejas, primero gruesas (*Imagen 2.2*) y luego más finas, se eliminan los sólidos de gran tamaño

IMAGEN 2.2



FUENTE: Reja manual de gruesos, EDARSC.

que ha arrastrado el agua residual hasta la estación. Es lo que se conoce como desbaste y tamizado.

Este proceso es fundamental si se quiere evitar que estos sólidos puedan provocar daños irreparables en el resto de los procesos.

A continuación el agua residual que se recibe en la Estación de Buenos Aires, a la que se le une la procedente de Los Llanos en su caso,

es sometida a un proceso de desarenado y desengrasado.

Este caudal se reparte entre dos de las tres líneas¹⁰⁴ que posee la EDAR de Buenos Aires, con capacidad para 20.000 m³/día cada una de ellas.

¹⁰⁴ En el momento de tomar los datos para la realización de este trabajo la planta depuradora trabajaba con dos líneas, manteniendo la tercera en reserva con el objeto de garantizar la continuidad del proceso durante las labores de mantenimiento, reparación y conservación de las instalaciones y maquinarias de las otras dos. Sin embargo, a partir de julio de 2005, están funcionando simultáneamente las tres líneas con el fin de aumentar la capacidad de depuración de la estación.

2.2.1.2. Tratamiento primario

El agua previamente tratada, es sometida a un Tratamiento Primario, representado gráficamente en el **Anexo 2.2** adjunto a este Capítulo, para ello se utilizan los llamados *decantadores primarios* (*Imagen 2.3.*), grandes depósitos donde el agua residual circula muy lentamente lo que permite que los elementos más pesados, no eliminados en el pretratamiento, se depositen en el fondo.

El interior de estos decantadores está inclinado hacia el centro, obligando a estos restos a caer hacia el interior del decantador. Estos elementos, llamados fangos primarios, se recogen y se bombean al espesador de fangos.

El agua que excede el nivel que admiten los decantadores va cayendo a unos canales que rodean estos tanques para entrar en el siguiente proceso.

Por otro lado, las grasas que aún se encuentran formando

parte del agua residual suben a la superficie y se recogen con una pala para ser bombeadas al concentrador de grasas.

El espacio de tiempo que el agua residual está en el decantador primario es llamado tiempo de retención, y suele ser entre 1 y 2 horas.

Por medio de un tratamiento primario se puede eliminar un 90-95% de los sólidos sedimentables, un 50-65% de los suspendibles y un 20-35% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

IMAGEN 2.3



FUENTE: Decantador primario, EDARSC.

2.2.1.3. Tratamiento secundario

El Tratamiento Secundario, del que se puede consultar el gráfico incluido como **Anexo 2.2** a este Capítulo, puede ser por fangos activos, como en este caso, lechos bacterianos, filtros biológicos o lagunaje.

En el tratamiento secundario el agua resultante de la fase anterior entra en unas *cubas de aireación (Imagen 2.4.)*, que son grandes depósitos donde unas turbinas se encargan de airear el agua con el objeto de aumentar la cantidad de oxígeno y favorecer la aparición de materia orgánica, que devora el resto de elementos no deseados y no visibles, que aún permanecen en el agua

IMAGEN 2.4



FUENTE: Cuba de aireación, EDARSC.

Una parte de los fangos recogidos en este proceso (*Imagen 2.5.*) pasan a una arqueta de reparto de fango biológico, con el objeto de incorporar más

IMAGEN 2.5



FUENTE: Fangos secundarios, EDARSC.

materia orgánica a las cubas de aireación y así, conseguir que el proceso de absorción de la materia prima se acelere. El resto de fangos, llamados fangos secundarios pasa, junto con los primarios, al espesador de fangos.

Después de ser sometida al proceso de aireación el agua entra a los llamados *clarificadores* (*Imagen 2.6.*), también denominados decantadores secundarios, puesto que son similares a los decantadores primarios que ya

IMAGEN 2.6



FUENTE: Decantadores secundarios, EDARSC.

hemos descrito. El objetivo de los decantadores secundarios o clarificadores es reducir la velocidad del agua residual para que se produzca la decantación y la flotación.

En la fase de aireación se han conseguido crear flóculos, colonias de materia orgánica, que al pasar a los decantadores secundarios se depositan en el fondo por su propio peso, siendo retirados con el mismo sistema que veíamos en los decantadores primarios¹⁰⁵.

El tiempo de retención en los clarificadores es algo mayor que en el caso anterior, puesto que las partículas ligeras y flóculos del fango activado no sedimentan tan fácilmente como los sólidos más pesados que se depositan en el tanque primario.

¹⁰⁵ Este proceso que describimos es el de Fangos Activos, en el cual los microorganismos aceleran la descomposición de los residuos en un ambiente aerobio. Estos microorganismos crecen y se multiplican mientras consumen los residuos. A medida que los residuos orgánicos se consumen, el agua residual se purifica y los microorganismos forman flóculos más pesados que decantan mejor. La mayor parte de los fangos activos decantados retornan a la parte inicial del tanque de aireación (recirculación). La recirculación se mantiene para proporcionar una población de microorganismos alta que asegure un tratamiento máximo del agua residual. El exceso de sólidos que se produce en el proceso se elimina bombeándolos a la zona de tratamiento de lodos.

Parte del agua sometida a este tratamiento secundario se vende a BALTEN, y es enviada al sur de la Isla para, después de completar un tratamiento terciario, ser utilizada en el riego agrícola.

2.2.1.4. Tratamiento terciario

El resto del agua residual que continúa en el proceso es sometida a un Tratamiento Terciario representado gráficamente en el **Anexo 2.3**, que consiste en afinar la limpieza del agua utilizando reactivos químicos (hipoclorito, cloruro férrico o sulfato de alumina y polielectrolito).

El agua resultante es filtrada utilizando unos filtros de arena en los que el agua es impulsada a gran velocidad por unas cámaras llenas de arena quedando la materia más sólida en el interior.

Finalmente el agua ya filtrada pasa a un depósito de agua microfiltrada y posteriormente a un depósito de agua desalinizada, quedando en condiciones óptimas para incorporarse al ciclo.

2.2.2. Línea de fangos

Hemos hecho referencia en párrafos anteriores a las ventajas medioambientales que supone la puesta en marcha de un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, sin embargo es justo reconocer que existen también una serie de riesgos ambientales¹⁰⁶ asociados a este tipo de actividad.

Entre estos posibles perjuicios quizás el de la obtención de fangos sea el más preocupante y al que dedicaremos este apartado.

¹⁰⁶ Generación de residuos sólidos, grasas, desechos tóxicos y peligrosos, fangos, manipulación de productos químicos, malos olores, expulsión de gas metano...

Al depurar el agua residual lo que se hace en definitiva es retirar los elementos contaminantes que ésta contiene, sin embargo estas sustancias no desaparecen sino que quedan concentradas en otro espacio, son los lodos o fangos.

De hecho *“la producción de lodos de depuradoras supone hoy en día un dilema medioambiental importante en las islas dado que para evitar generar un residuo en el mar se genera un residuo en tierra y además con un consumo energético considerable”* (El Manantial, 2002, en <http://fccca.es>).

Esto hace que el tratamiento de los fangos se haya convertido en una actividad fundamental que debe avanzar de forma paralela a la Línea de Aguas.

Con el objeto de gestionar de forma eficaz la producción de lodos se han barajado varias posibilidades a la hora de evacuar estos desechos; la incineración, el vertedero, la producción de compost para la agricultura¹⁰⁷, la fabricación de materiales para la construcción y el vertido al mar¹⁰⁸.

De entre estas alternativas el uso de los fangos para elaborar compost o como material de construcción abre una importante vía de escape a la problemática que afecta al vertido de residuos y, añade un nuevo valor a incorporar en el análisis del propio proceso de depuración y reutilización de aguas residuales¹⁰⁹.

En las primeras fases del proceso estos sólidos no presentan más problemas que cualquier residuo doméstico y se suelen gestionar llevándolos a vertederos. Sin embargo a medida que se avanza en el proceso estos desechos,

¹⁰⁷ La utilización agrícola de los fangos está regulada mediante el Real Decreto 1310/1990.

¹⁰⁸ La Directiva CEE 91/271 limitó el cese de vertidos de lodos a las aguas superficiales por medio de barcos, emisarios u otros medios.

¹⁰⁹ Ver en este sentido el trabajo de Ruiz *et al.* (2003).

cuya composición¹¹⁰ se hace cada vez más compleja, resultan más difíciles de eliminar.

El tratamiento de fangos, del cual también se incorpora un esquema gráfico como **Anexo 2.4**, tiene como objetivos:

- Reducir el volumen de residuos con el fin de facilitar su manipulación.
- Estabilizar los mismos para evitar problemas de fermentación y otros riesgos.
- Obtener una textura adecuada para que resulten manejables y fácilmente transportables.

Los fangos obtenidos a lo largo del proceso en la EDARSC se recogen en el llamado espesador de fangos, donde se depositan los fangos más espesos en el fondo para después pasar los llamados digestores de fangos. Este depósito sigue la misma filosofía de funcionamiento que los decantadores.

Concretamente en la EDAR de Buenos Aires existen dos digestores de fangos, grandes depósitos donde se mantiene el fango ya espesado a altas temperaturas con el objeto de favorecer la fermentación de la materia orgánica que lo compone.

El propio proceso de descomposición de estos fangos genera gas metano¹¹¹ que se almacena en un gasómetro de membrana (*Imagen 2.7*), este gas se utiliza para mantener el calor de los propios digestores.

¹¹⁰ En general los elementos que componen los fangos obtenidos de la depuración de aguas residuales son: Agua, materia orgánica, elementos nutrientes (fósforo, nitrógeno, elementos alcalinos), microcontaminantes orgánicos (entre ellos productos químicos de síntesis de uso común y particularmente los detergentes y antibióticos), microcontaminantes minerales (algunos de ellos pueden dar lugar a fenómenos de toxicidad como el zinc, plomo, cobre, cadmio, mercurio y hierro) y elementos biológicos (por ejemplo bacterias, la mayoría de origen fecal, que pueden resultar patógenas, virus, hongos, parásitos, algas).

¹¹¹ Como medida de seguridad existe un quemador de gases que entra en funcionamiento en el caso de que exista un exceso de gases o un escape.

En la EDARSC se consigue, además, aprovechar parte de la energía que generan estos fangos en la obtención de electricidad para autoabastecer a la propia planta, es lo que se llama cogeneración.

Los fangos permanecen en los digestores durante aproximadamente 28 días y a continuación pasan a un depósito tampón encargado de regular la cantidad de fango que entra en el proceso de secado de fangos donde, utilizando dos centrífugas, se

deshidrata el fango siguiendo un mecanismo similar al que se utiliza en las

IMAGEN 2.7



FUENTE: Gasómetro, EDARSC.

IMAGEN 2.8



FUENTE: Fango seco, EDARSC.

lavadoras domésticas. Con las operaciones de deshidratado y secado se consigue eliminar hasta un 30% del agua contenida en los fangos (*Imagen 2.8*).

A continuación el fango ya seco se vierte en una tolva de fangos de donde son recogidos, junto con los detritus¹¹² obtenidos en el pretratamiento, por camiones para ser llevados al vertedero.

En la Estación de Buenos Aires las zonas de mayor impacto medioambiental negativo por la expulsión de malos olores¹¹³ se encuentran

¹¹² Sólidos > a 2 ó 3 cm.

¹¹³ Depósito de digestión de fangos, depósito de deshidratación de fangos, depósito tampón, espesador de gravedad y edificio de tolvas.

desodorizadas, además de estar cerradas herméticamente el aire que sale del exterior pasa por un proceso de limpieza.

En este proceso y a través de unos ventiladores absorbentes se extrae el aire que se somete a un proceso de neutralización utilizando componentes químicos. Ese aire finalmente regresa a la atmósfera sin riesgo de ser causa de males mayores.

2.2.3. Vertido

La contaminación marina se define¹¹⁴ como *“la introducción por el hombre en el medio marino, incluyendo los estuarios, directa o indirectamente, de sustancias o energías que puedan ocasionar efectos deletéreos, tales como daños en los recursos biológicos, y por consiguiente para la salud humana; trabas en las actividades marítimas, incluyendo la pesca; disminución en la calidad del agua de mar desde el punto de vista de su utilización y reducción de las posibilidades ofrecidas para el ocio”*.

Fue a final de la Segunda Guerra Mundial cuando el mar se convirtió en el gran vertedero de las sobras y desechos del planeta. Gran parte de las armas inservibles, incluidos barcos y aviones, así como las municiones de los ejércitos derrotados, fueron arrojados a los mares vecinos. Esta costumbre universal de utilizar el mar como vertedero y el problema que suponía el legislar contra ella, han sido las principales causas de que, hasta 1954,¹¹⁵ no se estableciese la primera normativa internacional para la protección del medio marino¹¹⁶.

¹¹⁴ Esta definición se incorpora en el artículo 1 de la Ley del Derecho del Mar y fue preparada por el Grupo de Expertos para el estudio de los Aspectos Científicos de la Contaminación Marina (GESAMP), dependientes de la Organización de las Naciones Unidas.

¹¹⁵ OILPOL, 1954, Primer Convenio Internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos.

¹¹⁶ Hubo dos intentos anteriores en las conferencias celebradas en Washington (1926) y La Haya (1930) pero no llegaron a buen término.

A partir de ese momento surgieron varios convenios internacionales¹¹⁷ que significaron un paso decisivo en la lucha contra la contaminación acuática. Finalmente, en 1973 se puso en marcha el Primer Programa Medioambiental de la Comunidad Europea que defendía la protección del medio natural y la gestión racional de sus recursos.

En el caso concreto de España se reconoce¹¹⁸ como delito ecológico los atentados contra el medio ambiente provocados por vertidos directos o indirectos de cualquier clase en la atmósfera, suelo o aguas terrestres o marítimas que puedan suponer un peligro para la vida animal, vegetal o el ser humano.

Frente a esta preocupación por los ecosistemas marinos la depuración de aguas residuales además de ser un requisito legal¹¹⁹, se ha convertido en una actividad primordial a la hora de evitar los efectos negativos asociados a la incorporación del agua ya usada al medio receptor.

Podemos distinguir dos tipos de vertidos finales:

.- Vertido a *dominio público hidráulico*, si se hace a rieras, ramblas o ríos, siendo de aplicación, en este caso, la legislación de Aguas¹²⁰.

.- Vertido a *dominio público marítimo-terrestre*, si es un vertido al mar, sometido a la legislación de Costas¹²¹.

¹¹⁷ Acuerdo Regional de BONN de 1969 de cooperación en la lucha contra la contaminación, Convenio de Londres (VERTIMIENTO, 1972) sobre la prevención de la contaminación del mar, Convenio internacional para la prevención de la contaminación marina provocada por vertidos desde buques y aeronaves (OSLO, 1972).

¹¹⁸ Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, Título XVI, Capítulo III, artículo 325.

¹¹⁹ Recordemos lo establecido sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas por la Directiva del Consejo Europeo 91/271 de 21 de mayo de 1991, que exige, a todas las concentraciones urbanas, contar con sistemas colectores para el agua residual, así como de un tratamiento de las mismas antes de ser vertidas al medio, estableciendo como fecha límite el 1 de enero de 2006.

¹²⁰ La Ley de Aguas 29/1985, de 29 de agosto, derogada más tarde por el Real Decreto Legislativo 1/01 de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, en el apartado 1 de su Capítulo I, define los bienes que integran el dominio público hidráulico: las aguas continentales, tanto superficiales como subterráneas, los cauces de corrientes naturales, los lechos de lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces públicos y los acuíferos subterráneos.

¹²¹ La Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, establece, en su artículo 3 del Capítulo I, que forman el dominio público marítimo-terrestre las siguientes zonas: la ribera del mar y de las rías

El vertido de aguas residuales al dominio público marítimo-terrestre suele hacerse mediante una tubería o un emisario submarino, que son conducciones cerradas que llevan, mediante un sistema de impulsión, las aguas residuales previamente tratadas hasta su inyección a más de 500 metros mar adentro, donde son progresivamente vertidas por un difusor¹²².

Todos los vertidos, independientemente del cauce dónde acaben, deben disponer de una autorización de vertido¹²³ y deben pagar un canon de vertido cuya recaudación tiene como objetivo final mejorar la calidad de las aguas.

A la hora de valorar el daño de estos vertidos habría que analizar su procedencia, examinando si contienen sustancias peligrosas de las listas I y II de la Directiva del Consejo 76/464/CEE, de 4 de mayo de 1976. Sin embargo entendemos que el vertido al mar de agua residual, a través de emisarios submarinos, no supone únicamente un problema de contaminación sino, también un problema de despilfarro de recursos esenciales para el equilibrio hidráulico¹²⁴.

Los efectos de las aguas residuales sobre la fuente receptora dependen de sus características y composición, es decir de la concentración de materia contaminante así como de su caudal.

(que incluye la zona marítimo-terrestre, que va desde la línea de bajamar hasta el límite donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos y las playas o zonas de depósito de materiales sueltos (arenas, gravas,...)), el mar territorial y las aguas anteriores y los recursos naturales de la zona económica y la plataforma continental.

¹²² El agua residual que se recoge en la EDAR de Santa Cruz de Tenerife y no se reutiliza se vierte al mar a través de cinco emisarios; Los Llanos, Añaza, Acorán, San Andrés y Taganana.

¹²³ La Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, en su artículo 57 del Capítulo II, indica que todos los vertidos requieren autorización de la Administración competente, que es la Viceconsejería de Medio Ambiente (D.107/1995, de 26 de abril), y considera el vertido no autorizado de aguas residuales como infracción grave.

¹²⁴ Según datos del Consejo Insular de Aguas de Tenerife, el agua residual urbana generada en la isla de Tenerife fue, durante el pasado año 2002, de unos 60 hm³ aproximadamente, sin embargo sólo se depuraron 15 hm³ de los cuales se reutilizaron unos 7 hm³. Esto significa que se está vertiendo al mar agua sin tratamiento previo, con sus consecuencias ambientales, y que por otro lado se está desaprovechando el agua depurada, puesto que no se está reutilizando sino un 50% del agua total que se depura.

Concretamente, la carga contaminante¹²⁵ se refiere a la cantidad de contaminación generada por término medio, por una persona durante un día, como consecuencia de la actividad que realiza en su domicilio. Esta carga contaminante dependerá de factores como las circunstancias climatológicas y socioeconómicas y las variaciones estacionales.

2.2.4. Reutilización

Siguiendo a Asano (1996)¹²⁶ distinguiremos entre reutilización directa, si se hace referencia “*al aprovechamiento de las aguas residuales tratadas con fines beneficiosos*”, y reutilización indirecta, la que se produce “*a través del vertido de afluentes residuales en un agua receptora, para su asimilación y retirada aguas abajo, se considera como importante pero no constituye un sistema de reutilización directa y planificada de las aguas*”.

A este último tipo de reutilización ya hemos hecho alusión en el apartado anterior, por lo tanto nos centraremos en estas líneas en lo que este autor define como reutilización directa.

Hemos visto que la reutilización del agua es una de las opciones que contribuyen a una gestión más racional de este recurso.

¹²⁵ En este sentido existen disparidad de criterios, por ejemplo, ya hemos comentado que para la Directiva 91/271/CEE la DBO₅ equivale a 60 gramos de oxígeno. Sin embargo en el RD 849/1986, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público hidráulico (desarrollado por la Ley 29/1985 de aguas), se habla en el Capítulo II de que para la definición de unidad de contaminación se considerará la carga contaminante por habitante y día de 90 gramos de materia en suspensión. Por su parte, el RD 11/95, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas (transposición de la Directiva 91/271), también menciona valores de DBO₅ de 60 gramos de oxígeno por día como la carga correspondiente a un habitante equivalente. La Orden 24/09/92, de Instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para la elaboración de Planes Hidrológicos de cuencas intracomunitarias, establece una dotación de 220 l/hab/día. El Decreto 174/1994 de la Comunidad Autónoma de Canarias, que constituye el Reglamento de control de vertidos para la protección del dominio público hidráulico, considera para la definición de unidad de contaminación que la carga contaminante respecto de una dotación de 151 l/hab/día es de 90 gramos /hab*día de MES y 61 gramos/hab* día de MO.

¹²⁶ Citado en Pérez y Vallverdú (1998:7).

En definitiva, habría que plantearse si los esfuerzos, tanto humanos como económicos, en los que se incurre para purificar las aguas residuales no hacen más lógica la reutilización que su vertido¹²⁷.

Ya la Organización Mundial de la Salud reconocía, en 1989, el valor de las aguas residuales urbanas, sugiriendo su reutilización siempre que fuera posible. De ahí el valor potencial del agua depurada, cuyo uso en determinadas actividades puede suponer, como hemos adelantado, un importante ahorro de agua blanca.

La viabilidad de la reutilización de aguas residuales depende fundamentalmente de la calidad original de las aguas de abastecimiento. En el caso de zonas poco industrializadas la contaminación es básicamente de carácter doméstico, con lo que se ha conseguido usar¹²⁸ el agua regenerada en el riego, tanto agrícola como de zonas verdes y espacios públicos. Este uso está obligando al desarrollo de normativas y/o recomendaciones¹²⁹ para regular los niveles de calidad que deben cumplir las aguas en estos casos¹³⁰.

Para Asano (1998) el éxito de la reutilización de las aguas regeneradas está en función de factores tecnológicos, económicos, sociales, legales,... La adecuada conjunción de estos elementos ha permitido que en Tenerife se puedan reutilizar las aguas residuales en el riego agrícola y de jardines, desde 1993.

¹²⁷ El propio Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Memoria,10-14) reconoce en la reutilización *“un medio alternativo de aumentar los recursos disponibles que son cada vez más escasos y sobre todo más caros”*.

¹²⁸ Okun (citado por Shuval, 1988:121) argumenta a favor de una concepción jerárquica de los usos en función de la calidad del agua, basándose en la filosofía de que: *“Nunca se deberá usar agua de alta calidad a no ser que exista un excedente, para fines que quedarían satisfechos con agua de calidad inferior”*

¹²⁹ A pesar de que a nivel internacional existen diversas normativas o recomendaciones sobre reutilización de aguas, tales como las aprobadas en California, Israel o Jordania, en España hay un importante vacío legal, pues se carece de normativa que aclare con precisión las líneas de actuación al respecto. Actualmente desde el Ministerio de Medio Ambiente se ha impulsado un borrador de *“Normativa sobre condiciones básicas para la reutilización directa de las aguas residuales depuradas”* así como una propuesta *“Regla de buena práctica en la reutilización”*.

¹³⁰ La utilización del agua regenerada para usos en los que se requiere agua potable está explícitamente prohibida en España, excepto en algunas situaciones de emergencia.

Esta experiencia, de volver a usar el agua, se realiza a través del sistema de reutilización que engloba las EDARs de Santa Cruz de Tenerife y Adeje-Arona, en el sur de la isla.

La mayor parte del agua tratada para reutilizar en la EDAR objeto de estudio se envía al sur de la isla, dónde es utilizada para el riego agrícola. El resto se distribuye en tres depósitos, las Indias, Ofra y Litoral, para el riego de los jardines de la propia ciudad, aparte de la que recogen los camiones cisterna en la propia depuradora.

Una vez desgranado y descrito el proceso técnico de tratamiento del agua residual objeto de estudio, y antes de entrar en el diseño del modelo de costes y de gestión en sí, consideramos conveniente dedicar unas líneas a una serie de aspectos específicos que se deben tener en cuenta a la hora de emprender un estudio de estas características.

2.3. CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO DE UN MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN ADAPTADO A UN PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Ya nos adelantaban Rico *et al.* (1998:62) que son escasos los documentos oficiales que incluyen una valoración exacta de los caudales tratados, de la calidad y destino del agua depurada y los lodos resultantes, de las áreas de uso atendidas, o del régimen económico y financiero establecido para sufragar los costes de explotación de las estaciones depuradoras de aguas residuales.

Sin embargo, el interés por proteger los medios receptores de aguas residuales, así como los esfuerzos en obtener una calidad óptima del agua depurada, con el consecuente aumento de los costes en la explotación de este

tipo de instalaciones, exige un cambio de mentalidad a la hora de gestionar este tipo de plantas.

Concretamente, la Orden de 10 de diciembre de 1998 del Ministerio de Economía y Hacienda por la que se aprueban las normas de adaptación del Plan General de Contabilidad a las empresas del sector de abastecimiento y saneamiento de aguas, establecen las bases reguladoras de la práctica contable para este tipo de empresas.

Esta normativa específica introduce una serie de novedades¹³¹ encaminadas a adaptar la práctica contable de estas empresas a sus características particulares. En ella el Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas reflexiona sobre la necesidad de destinar esfuerzos al cálculo de los costes para este tipo de actividades.

Sin embargo, y a pesar de este requerimiento, hemos detectado un importante vacío en lo que se refiere a la gestión del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales desde la perspectiva de la Contabilidad Analítica, carencia que pretendemos cubrir, al menos en parte, con la realización de este trabajo.

En los apartados siguientes estableceremos, en primer lugar, nuestro concepto de coste del agua, para analizar, a continuación, la problemática asociada al cálculo del coste de este recurso e identificar las deficiencias de los modelos aplicados en lo que respecta, concretamente, al proceso de depuración y reutilización de aguas residuales.

¹³¹ Ver en este sentido los trabajos de Azcárate *et al.* (2001) y Ruiz y Martín-Pinillo (2002).

2.3.1. El agua como objetivo de coste

La palabra *coste* es, sin duda, uno de los términos más usados en nuestras conversaciones diarias, sin embargo a pesar de este carácter universal consideramos primordial matizar su alcance desde el punto de vista económico.

Cuando se habla de costes se utiliza, tanto en la literatura especializada como en la práctica, “*una terminología poco precisa, o al menos no uniforme, y que siembra confusión*” (Valiente, 1996:76). Haciendo un breve recorrido nos encontramos con conceptos como “*coste legal de producción*” (Garrido, 2002:38), “*coste social*” (Coase, 1994), “*coste medioambiental*” (Pérez *et al*, 2005), pero cuando nos referimos al coste del agua ¿de dónde partimos y hasta dónde queremos llegar?.

Ya Aguilera (2000:2) reclamaba, a la Directiva Marco Europea sobre el Agua, la necesidad de “*definir institucionalmente cuál es la noción de coste con la que se va a trabajar para que las comparaciones sean relevantes*”.

A la vista de la falta de rigor asociado al concepto *coste*, consideramos primordial dedicar unas líneas a trazar los límites de esta palabra que, en definitiva, es objetivo fundamental de nuestro trabajo.

Rosanas (1999:29) define *coste* como “*la medida, en términos monetarios, de los recursos sacrificados para conseguir un objetivo determinado*”.

Ribaya (1999:35) también relaciona el concepto de *coste* con el de sacrificio de valores vinculados a la obtención de un determinado bien o servicio.

Para Amat y Soldevilla (1998:21) “*el coste es el valor del consumo de los inputs que se precisa para poder producir unos outputs*” .

Pedersen (1958:6) considera que *“coste es el consumo valorado en dinero de bienes y servicios para la producción que constituye el objetivo de la empresa”*. Schneider (1972:7) también reconoce en el coste al *“equivalente monetario de los bienes aplicados o consumidos en el proceso de producción”*.

De este breve recorrido conceptual debemos señalar que no somos partidarios de asociar coste a valor¹³² puesto que, desde nuestro punto de vista, son dos conceptos diferentes y no es nuestro objetivo entrar en el complejo reto de darle un *valor* al agua¹³³. Coincidiendo con Antón (2000:49) *“el dinero y la naturaleza se gobiernan por distintas leyes”*.

Por lo tanto al tratar de calcular el coste del agua que se vierte al medio y del agua apta para reutilizar no pretendemos darle un *valor* a cada producto, puesto que el valor que pueda tener el agua en ambos casos es una cuestión personal que depende de la percepción particular de este bien en relación con las dificultades asociadas a su obtención.

En definitiva vamos a obviar, en este trabajo, la inclusión de cualquier elemento intangible, por otra parte muy asociado a los temas de carácter medioambiental¹³⁴, y nos limitaremos a ofrecer un método de cálculo que permita desgranar el proceso productivo asociado a este tipo de actividades con el objetivo de favorecer una gestión racional de este recurso.

Consideramos, en definitiva, que *“la determinación del costo de producción no persigue como objetivo la fijación del valor de los activos. Por*

¹³² Ya Antonio Machado nos advertía sobre el error de confundir estos dos conceptos cuando escribía que *“todo necio confunde valor y precio”*.

¹³³ En este sentido también consideramos oportuno distinguir entre precio y valor del agua. El primero hace referencia a la cantidad de dinero que realmente paga el usuario por m³ de agua utilizada, mientras que el segundo concepto significaría, en términos monetarios, la utilidad que el agua representa para cada usuario.

¹³⁴ A este respecto, Aguilera (2000:6) reflexiona sobre los intentos de cuantificar los daños ambientales, muchos de ellos prácticamente irreversibles, considerando que *“esto convierte al análisis económico, entendido en este caso como un cálculo monetario de los daños ambientales, en un análisis sencillamente irrelevante al no poder calcular algo que es inconmensurable, de ahí que se puedan encontrar cifras monetarias muy diferentes para los mismos impactos”*.

consiguiente, la finalidad del cálculo de costos reside simplemente en esto: conocer los costos” (Yardín, 1991:682), con el objeto de disponer de una herramienta fundamental para una toma de decisiones eficaz.

Por otro lado, aunque Alvarez (1990:73) reconoce que *“los costes deben ser expresión de la realidad de la empresa”*, sería muy pretencioso por nuestra parte aspirar a obtener un coste real para el agua depurada y regenerada, puesto que entendemos que no existe tal coste real, sino que al calcular el coste de cualquier bien o servicio debemos partir de su condición de magnitud relativa.

No somos tan estrictos como Iglesias (1994:89) cuando opina que el *“... coste que se determina para valorar las producciones es arbitrario y subjetivo”*, y por lo tanto de poca utilidad al apoyarse en valores históricos. Y si coincidimos con Valiente (1996:85) al asegurar que el significado de relativo, al hablar de coste, *“no tiene porqué ser sinónimo de información inconsistente, valor indeterminable o cálculo manipulable”*.

En resumen, y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, al calcular el coste del agua vertida al medio y/o regenerada, trataremos de cuantificar, en términos técnicos y económicos, el consumo de los recursos totales que intervienen, de una forma u otra, en el desarrollo de este proceso fundamental dentro del ciclo del agua.

Este propósito supone la creación de una herramienta de gestión que, aunque diseñada específicamente para una fase concreta del ciclo del agua, permita una toma de decisiones óptima dentro del proceso global de planificación hidrológica.

Una vez trazados, a grandes rasgos, los límites de nuestra investigación haremos, en el siguiente apartado, una breve descripción de los problemas más significativos en relación con el cálculo del coste del agua depurada.

2.3.2. Problemática asociada al cálculo del coste del agua depurada

Tomas (1993: 136), en función de un promedio de costes que hace para las distintas fases del ciclo del agua, según su experiencia en Cataluña, concluye que *“en la mayoría de los pueblos y ciudades de España el agua es muy barata o, mejor, es ofrecida a los usuarios a un precio muy inferior a su coste”*. El hecho de que el agua sea considerada como algo barato por el público favorece su derroche, lo que según hemos visto genera situaciones de desequilibrio hídrico entre stock y consumo.

Por lo tanto, este autor añade que *“...cuanto antes tomemos conciencia de la necesidad de incorporar el coste de la depuración al del agua, como una consecuencia del consumo, más cerca estaremos de la obtención de los recursos necesarios para la aplicación de un plan global de saneamiento, a lo que estamos obligados, no sólo por sentido común, sino por razón de nuestra pertenencia a la Comunidad Europea”*.

Somos conscientes de que el cálculo de los costes de producción forma parte de la gestión interna de cualquier empresa y al no existir la obligación de publicar la metodología de cálculo o sus resultados, se ha hecho complicado indagar en el centro neurálgico de las compañías encargadas de prestar servicios relacionados con el agua sobre este aspecto.

Nos encontramos con la imposibilidad de incluir una revisión de los distintos métodos de costes utilizados por las empresas encargadas de la gestión de este tipo de procesos debido a la escasa información publicada sobre este tema en particular que, en definitiva, corresponde al ámbito interno y que por lo tanto, las empresas mantienen dentro de sus fronteras.

Por otra parte, las empresas encargadas de la explotación de plantas depuradoras suelen ser entidades que gestionan todo el ciclo del agua, en dónde la depuración del agua residual y su posible reutilización ocupan una pequeña parcela que no les genera ingresos. De ahí que sea considerada como una

actividad que deben llevar a cabo por imperativo legal, centrándose sobre todo en el suministro de agua, que absorbe la mayor parte de sus esfuerzos.

Por lo tanto, prácticamente partimos de cero, puesto que no tenemos información sobre experiencias anteriores que nos permitan dirigir nuestra investigación.

A raíz de una serie de conversaciones mantenidas con los responsables de algunas de las empresas encargadas de su gestión hemos llegado a la conclusión de que la obligación legal que existe de depurar las aguas ya consumidas antes de ser vertidas al medio provoca, bajo nuestro criterio, un desinterés generalizado en aplicar un modelo de costes y gestión adaptado a las necesidades concretas de este proceso.

Precisamente a analizar las principales deficiencias percibidas a la hora de aplicar modelos de cálculo de costes y de gestión en este tipo de actividades dedicaremos el siguiente apartado.

2.3.3. Deficiencias de los modelos de cálculo de costes aplicados en los procesos de depuración y reutilización de aguas residuales

Pocos son los estudios que incluyan un coste económico para el agua, desde el punto de vista de la Contabilidad Analítica, analizando la estructura y la composición de cada una de las partidas que intervienen en la formación del coste y organizándolas de acuerdo con un modelo de costes diseñado exclusivamente para unos objetivos informativos específicos.

Tomás (1993) y Vallejo (1993) obtienen una aproximación a una tarifa media de agua sumando los costes que debe soportar la empresa por m³ de agua a lo largo de todo el ciclo hidrológico, siendo este simple proceder lo más habitual.

También esta metodología de cálculo se repite en los procesos de depuración y posterior reutilización de agua depurada limitándose, según información recogida de las empresas encargadas de llevar a cabo estos servicios, a sumar el total de costes soportados a lo largo de un período concreto con el objeto de recuperar, al menos, una parte de esa inversión a través del cobro de una tarifa de agua a los distintos consumidores del recurso.

Concretamente Caballer y Guadalajara (1998:99) expresan, de manera algebraica, el coste del agua reutilizada como la suma del coste de la depuración más el coste del transporte, del almacenamiento y de los tratamientos necesarios para reutilizarla.

Por otro lado, a la hora de calcular los costes del proceso de depuración de aguas residuales sólo se consideran generalmente, los costes de construcción de la planta, que constituyen sólo una parte del coste total y además acaban con la ejecución de las obras, mientras que no se tienen en cuenta los de mantenimiento y explotación que, aunque evolucionan de forma más gradual, llegan a superarlos, siendo más difícil su identificación y valoración.

Por lo tanto, hemos detectado que, en general, los modelos de costes aplicados a la hora de gestionar un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales son de carácter simplistas, en el sentido de que la información que son capaces de generar es mínima.

Como ejemplo de esta forma habitual de proceder en el cálculo de costes incluimos en el *Cuadro 2.5* la previsión hecha por la Empresa Municipal de Aguas que se encarga de la gestión del abastecimiento y saneamiento de las aguas de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife (EMMASA), sobre el total de costes de tratamiento y vertido de aguas residuales para el año 2001.

CUADRO 2.5**PRESUPUESTO DE COSTES DE TRATAMIENTO Y VERTIDO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE SANTA CRUZ DE TENERIFE PARA EL AÑO 2001**

Costes Fijos¹³⁵	Costes anuales (€)	% sobre el subtotal	% sobre el total
Personal	661.869,66	84,91	52,11
Mantenimiento	149.304,48	19,15	11,75
Seg.Higiene y limpieza	52.679,83	6,76	4,15
Imprevistos	12.773,27	1,64	1,01
Reposiciones	15.867,42	2,04	1,25
Gastos 1ª Instalación	8.703,27	1,12	0,68
Amortizaciones	12.459,82	1,60	0,98
Decremento (1)	-134.119,34	-17,20	-10,55
Subtotal	779.538,41	100	61,38
Costes Variables¹³⁶			
Energía Eléctrica	360.607,26	73,50	28,39
Residuos	92.738,42	18,90	7,30
Tratamiento de fangos	24.794,23	5,06	1,95
Gastos de cloración	12.422,45	2,54	0,98
Subtotal	490.562,36	100	38,62
Total costes fijos y variables	1.270.100,77		100
GG y BI (2)	240.390,10		
Total	1.510.490,86		

(1) Reducción del presupuesto de la contrata.

(2) Gastos generales y beneficio industrial cobrado por la contrata por la gestión de la actividad.

FUENTE: Elaboración propia según datos facilitados por la Empresa Municipal de Aguas de Santa Cruz de Tenerife (EMMASA).

Del análisis de esta información se desprende que del total de costes un 61,38 % se consideran fijos, mientras que sólo un 38,62 % se identifican como variables. Esto significa que la empresa deberá soportar una serie de costes independientemente del volumen de agua que se depure o se reutilice, siendo los de mayor cuantía los que se refieren a personal.

Del grupo de costes variables un 73,50 % se deben al consumo de energía, que es proporcional al funcionamiento de la EDAR y a los metros cúbicos bombeados, mientras que el resto son ocasionados por el tratamiento de los residuos y fangos generados a lo largo del propio proceso de depuración y que estarán en función de la cantidad de agua depurada y del grado de contaminación que posean.

¹³⁵ Son aquellos que se generan independientemente del volumen de agua que se produzca.

¹³⁶ Son aquellos que dependen de la cantidad de agua tratada.

Normalmente, y con el fin de calcular el coste unitario de tratamiento se divide el coste total anual soportado, incluyendo costes fijos y variables, entre los metros cúbicos medios tratados al año, tanto vertidos al mar como reutilizados.

Con este dato se obtiene una tasa fija y única¹³⁷ que deberá soportar cada ciudadano, con el objeto de cubrir el coste de la depuración, según la cantidad de agua consumida.

Para ello se divide el coste total anual del proceso por el total de agua que se estima facturar¹³⁸, según se especifica en el *Cuadro 2.6*.

CUADRO 2.6
CÁLCULO DEL COSTE MEDIO UNITARIO DE TRATAMIENTO Y VERTIDO
DE AGUA, AÑO 2001

	2001
Coste Total¹³⁹	1.510.490,86 euros
Volumen de agua tratada	14.099.220 m ³
Coste medio Unitario	0,11 euros por m ³ .

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos facilitados por EMMASA.

Hemos visto en el capítulo anterior que el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales ocupa un lugar fundamental dentro del ciclo hidrológico, y que debemos reconocer en esta última opción una alternativa hídrica tan importante como cualquier sistema convencional de obtención de agua.

¹³⁷ Como la tarifa hay que calcularla a priori, normalmente, se hacen los cálculos con datos presupuestados, tanto en lo que se refiere a los costes como al total de agua facturada.

¹³⁸ “Esta predicción de consumos suele hacerse bien a través del análisis de series históricas, bien a través de modelos econométricos, aunque hemos de señalar que la primera metodología puede presentar resultados erráticos y poco fiables cuando la serie histórica está influida por un período pluviométrico anormal (períodos de sequía o de abundantes lluvias)” (Caridad y Moreno, 2002:19).

¹³⁹ Al coste total relacionado con el proceso de depuración de aguas residuales se le restan, las cantidades recuperadas a través de la venta de aguas tratadas a Balsas de Tenerife (BALTEN) y las recibidas por medio de la concesión de subvenciones por parte del Ayuntamiento de la ciudad.

Sin embargo, los modelos actuales de cálculo de costes no facilitan información sobre lo que supone, a nivel cuantitativo, regenerar agua en lugar de tirarla al mar, con lo cual no se dispone de información completa a la hora de tomar decisiones sobre la mejor alternativa hidrológica en lo que a sistemas de producción se refiere.

Según exponen Moreno y Rico (2002:8) *“... son pocas las empresas que tienen implantados sistemas de cálculo de costes del servicio prestado, lo que supone una gran limitación para estas empresas a la hora de establecer una tarifa, con el consiguiente riesgo de adoptar sólo criterios políticos y dejar completamente al margen los criterios económicos. Por otra parte, el no tener conocimiento del coste del servicio, puede llevar a que la empresa no sea todo lo eficiente que pudiera, en tanto en cuanto, no tiene información sobre costes para poder actuar sobre ellos e intentar reducirlos sin afectar a la calidad del servicio”*.

Entendemos, por lo tanto que un conocimiento correcto de los costes en cada una de las fases en las que se puede dividir un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales permitiría, además de un mejor control interno del proceso, disponer de una información más precisa lo que significaría, a su vez, la puesta en marcha de una política de recuperación de costes más eficaz.

En este sentido, Renzetti (1999:689) afirma que incluso si el precio del servicio de abastecimiento de agua potable fuese fijado eficientemente, un servicio de tratamiento de aguas residuales por debajo de su precio induciría a un sobreconsumo de ambos servicios, abastecimiento y saneamiento.

Por lo tanto, consideramos que se debe dedicar un mayor esfuerzo a diseñar un sistema de costes que, además de apoyar financieramente a este tipo de actividades, ofrezca una información transparente y eficaz con el objeto de llevar a cabo una gestión racional de este servicio.

Precisamente con la intención de poner sobre la mesa las distintas herramientas que nos ofrece la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión con el fin de encontrar la que resulta más conveniente para nuestro caso abordamos el siguiente apartado.

2.4. HERRAMIENTAS DOCTRINALES DE CUANTIFICACIÓN DE COSTES Y CONTROL DE LA GESTIÓN

Por defecto el objetivo fundamental y único de la contabilidad de costes ha sido obtener un valor cuantitativo de los bienes y servicios producidos por la empresa. Sin embargo, como consecuencia de los importantes cambios sufridos por el entorno, sobre todo a nivel tecnológico, este fin básico ha ido evolucionando a lo largo del tiempo¹⁴⁰ hasta llegar al período actual en el que se le exige, además que sea capaz de crear sistemas de cálculo que faciliten las tareas de planificación y control.

Este doble objetivo de la Contabilidad de Costes hace que sus límites lleguen a confundirse, en muchos casos, con los de la Contabilidad de Gestión, hasta el punto de no saber dónde empiezan y acaban las responsabilidades de cada una.

Bekaoui (1992:3) establece la diferencia entre la Contabilidad de Costes y la de Gestión al indicar que *“aunque las relaciones no están suficientemente claras, la Contabilidad de Costes pone su énfasis en el lado de los costes, mientras que la Contabilidad de Gestión pone su énfasis en la eficiente asignación de recursos”*.

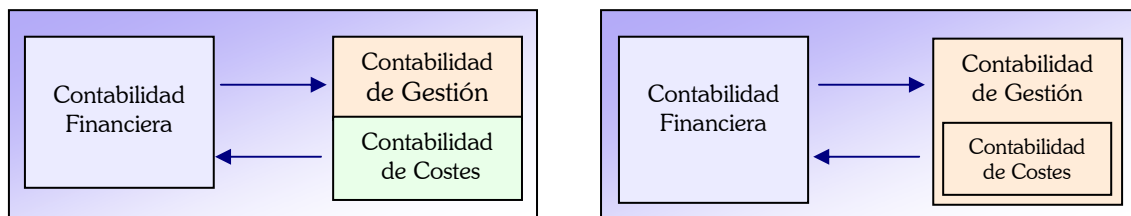
¹⁴⁰ La aparición de las grandes empresas industriales entre los siglos XIX y XX ponen en entredicho la capacidad de la Contabilidad Financiera a la hora de facilitar información sobre el valor de las existencias de productos en curso y terminados, sobre la rentabilidad de los mismos o sobre la gestión interna de las entidades.

Iglesias (1994:85) reconoce que *“existe una fuerte interrelación entre la Contabilidad de Costes y la Contabilidad de Gestión, de forma que ésta no podría concebirse sin aquella. A veces, se habla de Contabilidad de Costes y de Contabilidad de Gestión indistintamente. Las dos se basan en unos datos comunes para cumplir sus objetivos, pero los utilizan de forma diferente.”*

Hemos intentado plasmar en la *Figura 2.2* las dos posturas extremas que existen sobre este aspecto.

FIGURA 2.2

RELACIÓN CONTABILIDAD DE COSTES Y CONTABILIDAD DE GESTIÓN



FUENTE: Elaboración propia, a partir de la información incluida en Mallo (1997:19) y Ribaya (1999:27).

Blanco (1990:18) se define partidario del segundo esquema y considera que *“puede existir una contabilidad de costes en una empresa en la que no se ha desarrollado una contabilidad de gestión, pero no existe la contabilidad de gestión, si previamente no se ha implantado en la organización un sistema de costes”*.

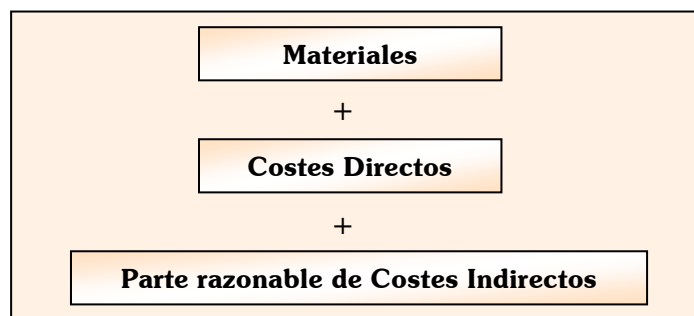
Nosotros no tenemos la intención de entrar en este debate y coincidiendo con Rosanas (1999:19), y centrándonos en la problemática hidrológica sobre la que versa nuestro trabajo, consideramos que *“el principal objetivo de la contabilidad de costes es precisamente el de proporcionar información útil para la toma de decisiones empresariales, más allá de cumplir con requisitos legales o burocráticos, o de una pureza técnica en la obtención del “coste ideal” que ni ha existido nunca, ni puede existir. La óptica con la que hay que mirar a la contabilidad de costes, por lo tanto, es la de un instrumento, y no de una finalidad en sí misma, por lo que se deberá en general adaptar el instrumento a la realidad de los problemas que se trata de resolver y no al revés.”*

Por lo tanto, y con el propósito de desentrañar los misterios en la formación del coste del agua, tanto depurada como apta para reutilizar, abordamos los siguientes apartados con la esperanza de aportar un nuevo enfoque en el tratamiento de los costes de este bien tan singular que facilite, entre otras cosas, una información más precisa, requisito fundamental si se pretende llevar a cabo una gestión eficiente de este recurso.

2.4.1. Alternativas de cálculo

El Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas especifica¹⁴¹ que el *“coste de producción de un producto es el formado por el precio de adquisición, determinado de acuerdo con lo señalado en las normas de valoración del Plan General de Contabilidad, de las materias primas y de otras materias consumibles necesarias para su producción, así como los costes directamente imputables al producto, y la parte que razonablemente corresponda de los costes indirectamente imputables al producto de que se trate, en la medida en que tales costes correspondan al período de fabricación, elaboración o construcción”* (Figura 2.3).

FIGURA 2.3
ELEMENTOS QUE FORMAN EL COSTE DE UN PRODUCTO



FUENTE: Elaboración propia a partir de Ortega (2002:58).

¹⁴¹ Apartado 2 de la Resolución de 9 de mayo de 2000 del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas por la que se establecen los criterios para la determinación del coste de producción.

Coincidimos con Ortega (2002) cuando afirma que la Resolución de 9 de mayo de 2000 del ICAC¹⁴², que prácticamente transcribe la Norma de Valoración ya incluida en el Plan General de Contabilidad vigente¹⁴³, tiene por objeto normalizar la valoración de las existencias de productos con el objeto de facilitar la auditoría de los balances, pasando a un segundo plano la función informativa que tiene la Contabilidad Analítica y que consideramos primordial en el tema que estamos tratando.

Broto y Costa (1995), resumen las tareas fundamentales asociadas a la Contabilidad de Costes en los siguientes tres apartados:

- a) Seleccionar los costes, esto supone identificarlos, clasificarlos, cuantificarlos y registrarlos.
- b) Procesar los costes, es decir acumular, analizar, reclasificar, asignar,... los costes previamente seleccionados.
- c) Confeccionar los informes necesarios en función del objetivo de coste planteado.

Para poder cumplir con estas tres funciones surgen los llamados modelos¹⁴⁴ de costes que permiten ordenar la información disponible con el fin de *“conocer los costes de los distintos objetivos de coste (productos, actividades, centros de costes) y determinar el resultado del período”* (Amat y Soldevilla (1998:48), además de suministrar información relevante encaminada a facilitar la adopción de decisiones, por parte de la dirección de la empresa.

¹⁴² Comentada ampliamente en Malles (2000).

¹⁴³ Aprobado por Real Decreto 1643/1990, de 20 de diciembre.

¹⁴⁴ En un intento de *ordenar* el lenguaje usado comúnmente en Contabilidad de Costes, muchas veces incoherente y confuso, vamos a hablar por un lado de modelos de coste y por otro de sistemas de coste. De esta forma llamaremos “modelo de coste” a todo aquel esquema teórico que nos permita resolver una o varias necesidades informativas relacionadas con el cálculo de costes y la gestión de un determinado proceso. En cambio hablaremos de “sistema de costes” para referirnos al conjunto de reglas, más o menos heterogéneas, cuya combinación nos permita diseñar un modelo.

A la hora de poner en marcha una contabilidad analítica, debemos tener en cuenta que se debe hacer:¹⁴⁵

- a).- En función de un plan operativo que permita convertir las entradas en unas salidas determinadas.
- b).- Respetando un cierto orden entre los elementos operativos de la función transformadora.
- c).- Utilizando además una determinada técnica.

Estas técnicas serán los sistemas de costes que incluirán el conjunto de reglas, métodos de acumulación de costes, que deberá respetar el modelo de costes y que vendrán establecidas en función de “... *los objetivos de información, por tanto, surgirán (para fines diferentes) conjuntos alternativos de reglas que darán origen a métodos de costes diferentes*”, (Broto y Costa, 1995:1).

Por lo tanto, a la hora de diseñar un modelo de costes trataremos de confeccionar un traje a medida¹⁴⁶ que, en función de un sistema previamente establecido, permita obtener una información rigurosa¹⁴⁷ sobre los costes de producción.

En esta tarea el primer paso será establecer el objetivo de coste¹⁴⁸, o bien la combinación de ellos, que se pretende cubrir con el modelo. La asignación de los costes, en función del objetivo de costes propuesto¹⁴⁹, se puede hacer en

¹⁴⁵ Ministerio de Hacienda (1978): Orden de 1 de agosto de 1978 por la que se aprueba el texto que desarrolla el grupo 9 del Plan General de Contabilidad (BOE, 22/09, p.22.136).

¹⁴⁶ Baker (1989:22) resume el ciclo de vida de un producto en cuatro fases, introducción, crecimiento, maduración y decadencia, y considera que un modelo determinado de acumulación de costes no pueden ser efectivo en todas las empresas puesto que existen diferencias significativas entre la duración de cada una de estas fases para distintos productos.

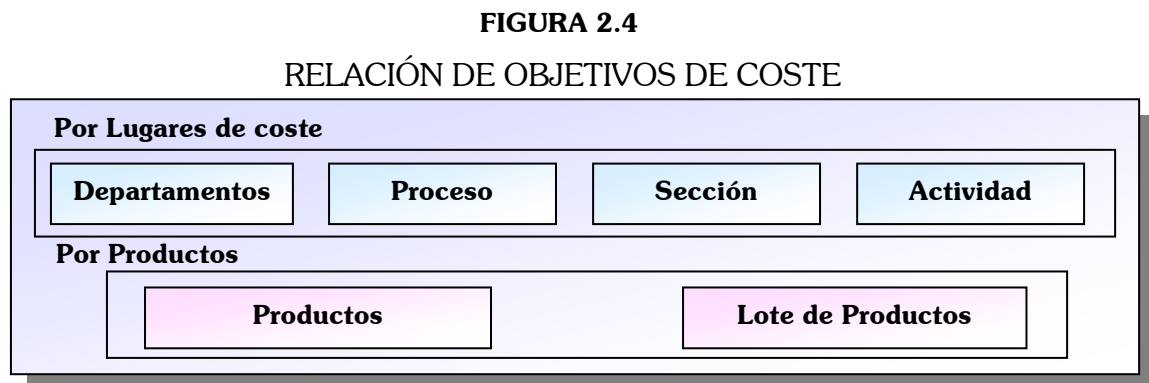
¹⁴⁷ Según afirma Hicks (1996:16), “*es mejor que algo sea aproximadamente correcto a que sea exactamente erróneo. El rigor es preferible a la exactitud*”.

¹⁴⁸ El concepto objeto de coste “*es un término acuñado por la Nacional Association of Accountants (NAA) norteamericana, y puede ser un producto, una fase del mismo, o un simple centro de coste que interviene en su elaboración*” (Blanco,1990:22).

¹⁴⁹ Blanco Dopico (1994:224) reconoce que según el objetivo, planificación y control o determinación de costes de los productos, se utilizarán sistemas de cálculo centrados en la gestión o en la valoración.

general de dos formas diferentes; asignación a un lugar de costes y/o asignación a los productos.

Estas posibles alternativas quedan representadas en la *Figura 2.4*, siendo perfectamente combinables entre sí.



FUENTE: Elaboración propia.

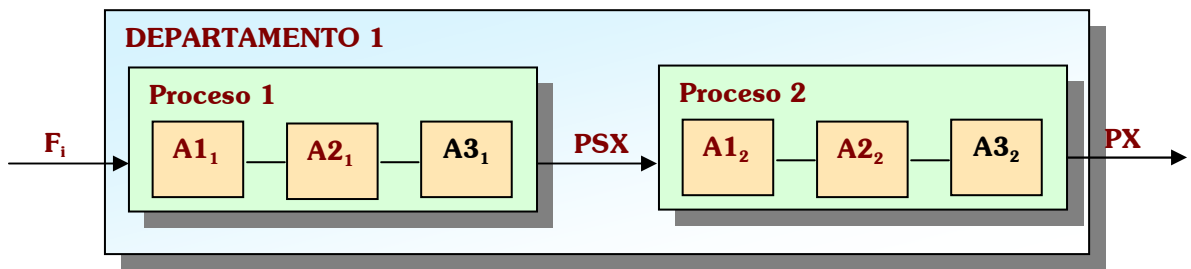
El *departamento* será el órgano responsable de la gestión de determinadas áreas dentro de la estructura organizativa de la empresa.

Sin embargo, cuando hablamos de *proceso* nos referimos al conjunto de fases sucesivas de una operación de producción a través de las cuales se transforman unas entradas (inputs) en salidas (outputs), mientras que cada una de las partes en las que se pueden dividir los procesos se denominan *secciones*.

A su vez para llevar a cabo la función de producción se realizan *actividades* que pueden asociarse a las secciones, y por lo tanto a los procesos, y que configuran el esquema productivo de la empresa.

Esquemáticamente podríamos representar el desglose multinivel de la estructura empresarial, a nivel de contabilidad analítica, según aparece en la *Figura 2.5*.

FIGURA 2.5
ESTRUCTURA ORGÁNICA INTERNA



FUENTE: Elaboración propia.

Siendo F_i el conjunto de “*recursos económicos, medios de producción naturales o previamente elaborados, que son utilizados en la función de transformación económica*”, (Blanco, 1990:21). Estos factores se suelen clasificar en medios de producción físicos (factor-capital) y fuerza de trabajo (factor-trabajo).

A_{x_i} nos indica cada una de las actividades que se llevan a cabo en un determinado proceso productivo. Y por último, PSX es el producto semiterminado que la empresa obtiene como resultado de la finalización del primer proceso, siendo PX es el producto final.

A continuación trataremos de conjugar una serie de reglas, más o menos formales, con el objeto de diseñar un modelo que se ajuste al objetivo de coste establecido y a las necesidades informativas requeridas.

De esta manera nos centraremos, en las siguientes páginas, en describir brevemente los distintos Sistemas de Costes que podemos combinar para, luego, dar forma a nuestro Modelo.

Adoptando la esencia de la propuesta secuencial que hacen Mallo *et al.* (2000:56) ordenaremos estos Sistemas de Costes¹⁵⁰ de la siguiente forma:

¹⁵⁰ En este trabajo evitaremos utilizar la nomenclatura inglesa de los sistemas de costes puesto que en los inicios, determinados autores tradujeron literalmente la expresión americana “Direct

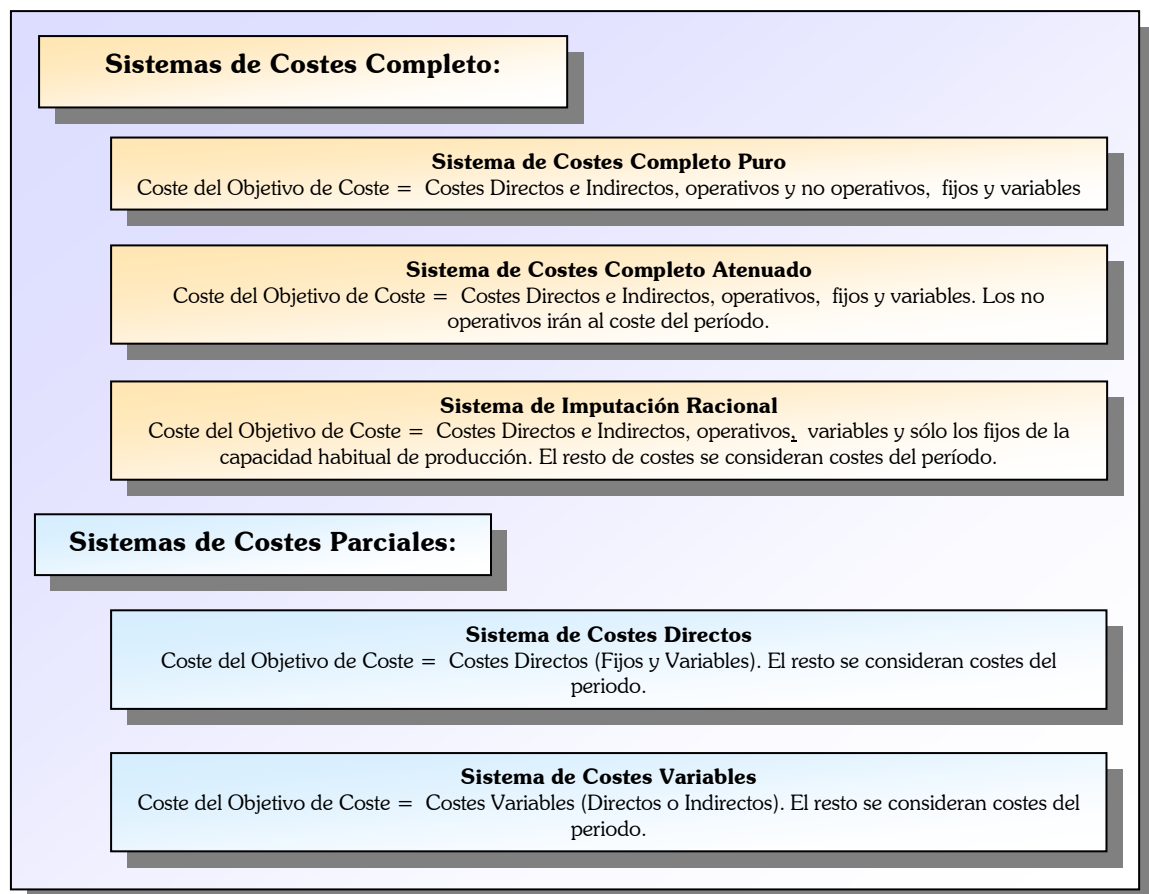
- ✓ Sistemas de coste de nivel 1.
- ✓ Sistemas de coste de nivel 2.
- ✓ Sistemas de coste de nivel 3.

2.4.1.1. Sistemas de costes de nivel 1

En un primer nivel tendríamos que elegir entre dos grandes bloques, Sistemas de Costes Completos y Sistema de Costes Parciales, según la parte del coste que se incorpore al objetivo de coste (*Figura 2.6*).

FIGURA 2.6

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSTE DEL NIVEL 1



FUENTE: Elaboración propia.

Cost” por el método de los Costes Directos, por lo que se ha producido una confusión entre el Sistema de Costes Directos y el Sistema de Costes Variables (Direct-Cost).

El método del *Coste Completo* considera, a efectos del cálculo del coste de un producto, todos los costes, ya sean directos o indirectos, fijos o variables, de tal manera que el coste total de fabricar un producto será la suma de todos los costes.

Aparte de esta alternativa de cálculo que hemos denominado Sistema de Coste Completo Puro, existen dentro de estos sistemas una serie de variantes, entre las que cabe destacar:

- ✓ El Sistema de Costes Completo Atenuado (García, 1984) en el cual los coste de los inputs no operativos (costes de administración y venta) no se incluyen en el coste de fabricación, sino como coste del período. En este caso no se cumple el principio de absorción total por los productos del coste de los factores.
- ✓ El Sistema de Imputación Racional, en el que sólo se incluyen como costes del producto los costes fijos que responden a la capacidad habitual de la empresa, considerándose la diferencia como un coste de subactividad que se añade directamente en la Cuenta de Resultados Analítica. La teoría de la imputación racional se basa en que las cargas variables deben intervenir en el cálculo del precio de coste de los productos o servicios por su utilización efectiva, mientras que las cargas fijas deben incorporarse por su importe corregido¹⁵¹.

En cambio en un sistema de *Costes Parcial*, sólo se incorpora, como coste del producto, una parte de los costes. También dentro de esta opción existen diversas variantes, entre ellas:

- ✓ Los Sistemas de Costes Variables, en los que sólo se incluyen como costes del producto aquellos elementos de coste identificados

¹⁵¹ Para ello se define un coeficiente de imputación racional, que vendrá dado por la relación *nivel de actividad real* y *nivel de actividad normal*, calculando, a continuación los costes de estructura a imputar multiplicando los costes fijos reales por el coeficiente calculado anteriormente.

previamente como variables, mientras que los fijos forman parte del resultado del período¹⁵².

- ✓ Los Sistemas de Costes Directos los cuales reconocen, dentro del coste del producto, todos los costes directos, tanto fijos como variables, considerando el resto como costes del período.

2.4.1.2. Sistemas de costes de nivel 2

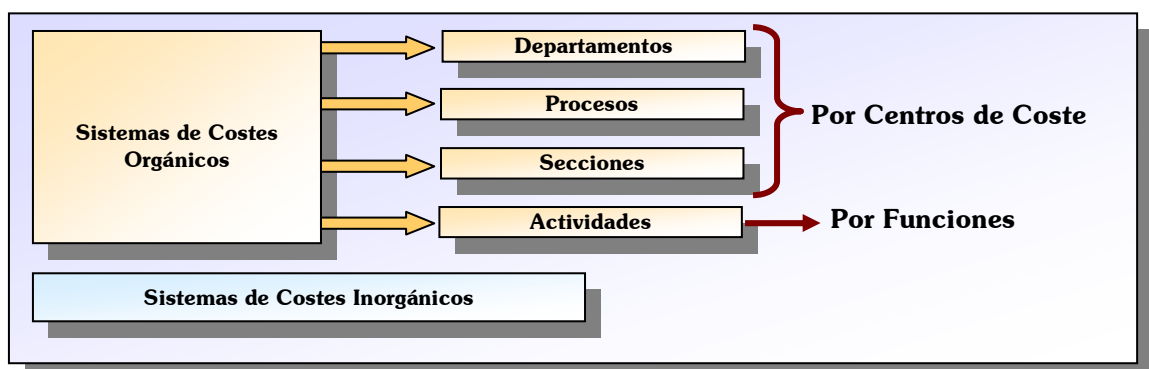
En el segundo nivel tendríamos que considerar o no la estructura jerárquica de la empresa, distinguiendo entre sistemas de costes orgánicos e inorgánicos, tal y como aparece en la *Figura 2.7*.

La estructuración de la empresa en lugares de coste, desde el punto de vista de la Contabilidad Analítica, permite la asignación de los costes indirectos a los mismos y da lugar a distintos sistemas en función de la división orgánica establecida.

Blanco Dopico (1994:118) distingue entre imputación orgánica en base a los Centros de Costes y por Funciones.

FIGURA 2.7

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSTE DEL NIVEL 2



FUENTE: Elaboración propia.

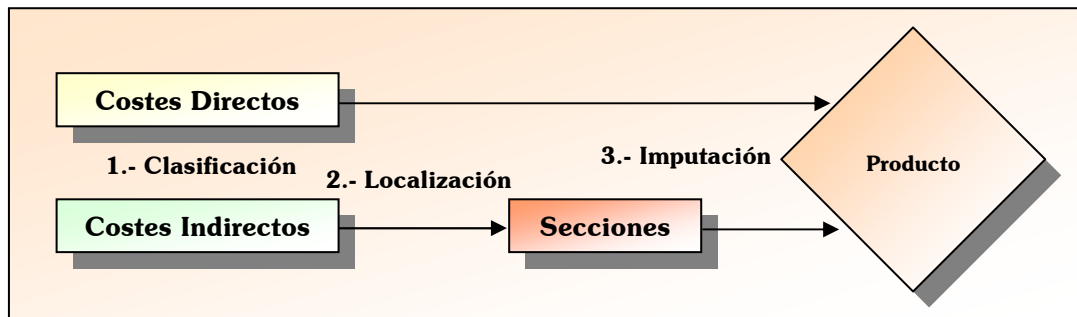
¹⁵² En algunos casos se emplea el llamado sistema de coste variable desarrollado, mediante el cual se incorporan al producto los costes fijos directos.

a).- Métodos de asignación basados en Centros de Coste:

La Contabilidad Analítica tradicional ha utilizado las *secciones*¹⁵³ como Centros de Costes a la hora de imputar los costes indirectos a los productos, procediendo tal y como queda representado en la *Figura 2.8*.

FIGURA 2.8

ESQUEMA PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO POR SECCIONES



FUENTE: Elaboración Propia.

Schneider (1972), precursor de este tipo de ordenación, era partidario de incluir en las secciones todos los costes relacionados con la obtención de los productos para un período concreto, exceptuando el valor de las materias primas consumidas.

Este sistema de costes está orientado, fundamentalmente, hacia el producto, puesto que se configura como un sistema de información que permite medir el coste de elaboración del producto y controlar los niveles de eficiencia alcanzados en relación a los factores productivos.

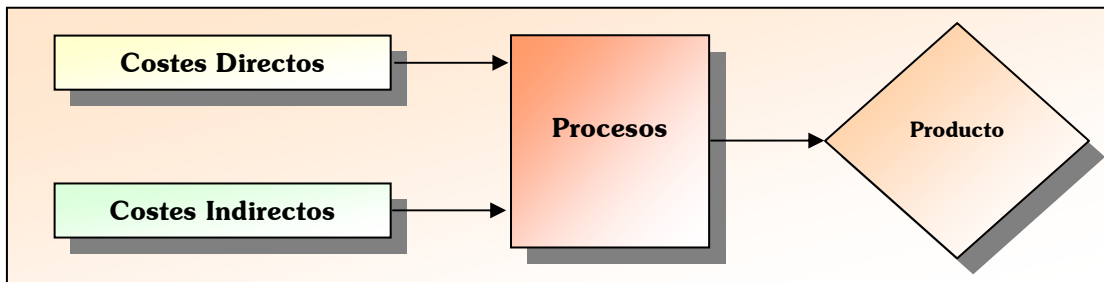
En la doctrina anglosajona se habla de *departamentos* al referirse a las secciones, absorbiendo no sólo los costes indirectos sino también los directos de materia prima y mano de obra.

Por último, los sistemas de costes organizados en procesos resultan “idóneos para empresas que fabrican sus productos en una corriente más o menos continua y pone su énfasis no sobre el producto sino sobre su centro

¹⁵³ Ribaya (1999:399) define las secciones como “un conjunto de unidades contables, cada una de ellas representativa de una o más actividades realizadas dentro del proceso de producción”.

elaborador” (Blanco, 1994:233). En estos sistemas de coste el producto acabado se obtiene por una serie de operaciones sucesivas, de manera que los productos semiterminados obtenidos en cada fase constituyen la materia prima del proceso siguiente o bien son vendidos como tales.

FIGURA 2.9
ESQUEMA DE CÁLCULO POR PROCESOS



FUENTE: Elaboración Propia.

b).- Métodos de asignación basado en Funciones:

Dentro de esta opción de asignación de recursos, lo más habitual es estructurar la metodología de cálculo de acuerdo con las distintas *actividades* ejecutadas en el proceso productivo.

Una actividad se puede definir como un conjunto de actuaciones o de tareas que tienen por objeto la obtención de un output, producto o servicio, mediante el consumo de una serie de factores o inputs, que son consecuencia tanto de la concepción de las tareas como de la frecuencia con que éstas deben ser acometidas (Castelló y Lizcano, 1998:29).

La herramienta más aceptada a la hora de llevar a cabo la gestión de las distintas actividades que se realizan en un proceso productivo es el Sistema de Costes y de Gestión basado en las Actividades, a partir de ahora ABC siguiendo la traducción inglesa (Activity Based Cost)¹⁵⁴.

¹⁵⁴ Se suele hablar de ABC cuando el objetivo del modelo es el coste de las actividades y ABM si el interés prioritario es la gestión de las actividades.

El modelo¹⁵⁵ de contabilidad de costes basado en las actividades surgió¹⁵⁶ ante el crecimiento desorbitante de la masa de costes indirectos respecto al producto, en la medida en que cada vez resultaba más complicado relacionar los costes con los productos.

Este modelo se ha venido aplicando a multitud de áreas¹⁵⁷ y presenta importantes ventajas entre las que Ripoll y Tamarit (1995:1) distinguen las siguientes:

- Elimina las distorsiones causadas por la diversidad de productos.
- Mejora la precisión del cálculo del coste del objetivo de costes.
- Posibilita un tratamiento del impacto de los diferentes diseños sobre los costes y proporciona mayor flexibilidad en la gestión.
- Contribuye a la mejora continua, al facilitar a la dirección información sobre las actividades que se realizan en la empresa.
- Ofrece una mayor visibilidad del coste, contribuyendo al análisis de los consumos de recursos.

La filosofía del ABC, representada en la Figura 2.10, considera que “las actividades y procesos consumen recursos y los productos y servicios consumen actividades” (Mallo y Merlo, 1995: 104).

¹⁵⁵ Valiente (1996:78) prefiere hablar de enfoque ABC, en vez de sistema ABC, “*porque el simple hecho de estimular el inventario y el análisis sistemático de todas las actividades o procesos relevantes de la empresa, procurando la cuantificación de su aportación al producto, constituye en cierto modo un enfoque práctico que puede resultar revolucionario para la mejora de los sistemas de costes y, consecuentemente, para la planificación, gestión y control de los negocios*”. Por otra parte para Mallo y Merlo (1995:102), el ABC no sólo es un sistema de cálculo de costes sino que “*constituye una filosofía de gestión*”.

¹⁵⁶ El Sistema de Costes Basado en las Actividades se aplicó por primera vez en 1985, cuando Keith Williams y Nick Ventila realizaron un estudio del origen de los costes en la fábrica de tractores John Deere.

¹⁵⁷ Industria de maquinaria, química, alimentación, vehículos, industria de defensa, construcción, aeroespacial, editorial, electrónica, textil, madera telecomunicaciones, hospitales, servicios financieros, seguros, consultorías, (Ripoll y Tamarit, 2003).

FIGURA 2.10
FILOSOFÍA BÁSICA DEL ABC



FUENTE: Elaboración Propia.

Por lo tanto, es el volumen de estas actividades, no el de producción, lo que condiciona el consumo de recursos. Esta forma de proceder permite detectar aquellas actividades que no añaden valor y que, por lo tanto, se deben eliminar.

En este sentido uno de los objetivos de la gestión de las actividades consiste en determinar las medidas de eficiencia y eficacia asociadas a todas las actividades que generan costes. Se trata de incorporar medidas de ejecución ya no sólo financieras, sino lo que es aún más importante, medidas no financieras, vinculadas a la calidad y a la productividad.

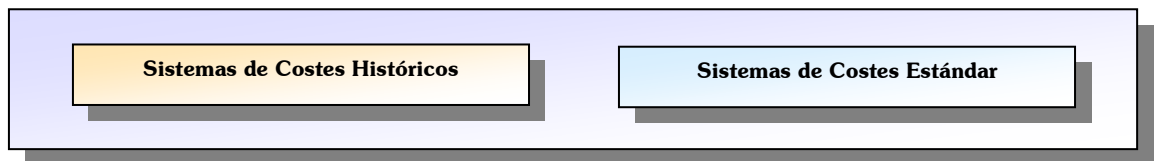
Esta técnica supone una reorientación de la Contabilidad de Gestión¹⁵⁸, puesto que en lugar de gestionar los productos, gestiona los procesos, tareas o actividades, según el grado de concreción (Castelló y Lizcano, 1998).

¹⁵⁸ Keys y Lefevre (1995:27-30) opinan que la ruptura del sistema departamental, que es el utilizado por defecto en la mayoría de las empresas, a favor del ABC puede generar bastantes problemas en las organizaciones empresariales. En un intento de aprovechar las ventajas del sistema ABC y al mismo tiempo respetar la estructura de los métodos tradicionales, proponen la creación de un sistema intermedio entre la departamentalización tradicional y el ABC. Es por ello que sugieren el Departamental Activity-Based Management (DABM) a través del cual pretenden mantener la departamentalización y aplicar dentro de cada departamento el ABC. Estos autores consideran que el ABC analiza la información de forma diferente a los sistemas tradicionales, puesto que ignora los departamentos que son, por otro lado, uno de los principales focos en los sistemas tradicionales. En el DABM los costes son asignados a los departamentos en lugar de a las actividades, usando inductores de coste para asignar los costes de los departamentos a los productos.

2.4.1.3. Sistemas de costes de nivel 3

En el tercer nivel tendríamos que seleccionar el origen de las variables cuantitativas a utilizar en el modelo, históricas o estándar, según se trabaje con información retrospectiva o futura.

FIGURA 2.11
CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSTE DEL NIVEL 3



FUENTE: Elaboración propia.

Antes de conjugar las distintas opciones que hemos identificado en las páginas anteriores con el fin de “fabricar” nuestro propio modelo creemos conveniente dedicar unas líneas a comentar los conflictos de convivencia que han surgido, en los últimos tiempo, entre los llamados modelos de costes convencionales y los nuevos modelos de costes.

2.4.2.- Modelos de costes tradicionales o nuevos modelos de costes

Los elementos de coste relacionados con los procesos productivos emanados de los primeros efectos de la revolución industrial eran, en su mayoría, costes directos, es decir fácilmente medibles en relación a los distintos productos fabricados.

La concepción metodológica de estos modelos de costes ha sido perfectamente asumida, en tanto se han mantenido las condiciones del entorno empresarial en las que se sustentaban.

Sin embargo en los últimos lustros las empresas se han visto inmersas en un nuevo entorno¹⁵⁹ competitivo que les ha obligado a modificar de forma sustantiva sus actuaciones y conductas, para facilitar su supervivencia en un ambiente que se ha catalogado como de turbulento.

La lucha por parte de las empresas para adaptarse a estos cambios ha provocado fuertes modificaciones de carácter cualitativo¹⁶⁰ en lo que respecta a la composición de los costes de producción, puesto que empiezan a tener mayor entidad los costes indirectos, sobre todo los que se derivan de actividades o funciones de apoyo. A pesar de esto, en muchos casos se han seguido utilizando modelos de coste creados para ese primer entorno más estático, siendo criticados y encasillados como de tradicionales.

Mishra y Vaysman (2001) reconocen que la gran mayoría de estos modelos de costes tradicionales usan métodos arbitrarios para asociar los costes con los productos, dando lugar a una información errónea.

Todo ello exige un replanteamiento de los llamados modelos de costes tradicionales¹⁶¹, y conlleva la necesidad de diseñar modelos de costes orientados hacia la toma de decisiones internas, no sólo como suministradores de información externa.

Con el objeto de responder a estas nuevas necesidades y de superar las rigideces de los modelos convencionales han ido surgiendo, en los últimos años,

¹⁵⁹ El actual entorno competitivo se caracteriza por los siguientes factores esenciales:

a).- Los clientes se han vuelto más heterogéneos, mas sensibles a la calidad de los productos y a los servicios ofertados, que a la variable precio.

b).- El aumento en la oferta de los productos, la reducción de los ciclos de vida, la emergencia de nuevas tecnologías de producción, así como la mundialización de la economía han vuelto cada vez más efímera la ventaja competitiva y muy arriesgada toda apuesta de futuro.

¹⁶⁰ El nuevo entorno exige una información más precisa sobre los costes y la forma de proceder en cuanto a actividades, procesos, productos, servicios y clientes de la organización.

¹⁶¹ Aunque el término “tradicionales” es demasiado amplio como para significar algo (Valiente, 1996), reconocemos que en la práctica muchos de estos modelos se han burocratizado, perdiéndose el énfasis en la búsqueda de la relación causa-efecto que debe guiar el reparto de los costes indirectos.

nuevas formas de interconectar los datos de costes con el objeto de reflejar de mejor forma el objetivo propuesto.

Estos nuevos modelos, surgidos a partir de la mitad de los 80¹⁶², incorporan nuevas propuestas con el objeto de corregir las significativas limitaciones de los modelos tradicionales. Entre estos remedios el ABC, ya comentado en el apartado anterior, es uno de los más aceptados.

Llegados a este punto, y después de lo que ha sido un breve, pero creemos que necesario, recorrido por las distintas herramientas que nos brinda la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión, nos consideramos en condiciones de proponer un modelo de cálculo de costes y de gestión adaptado a un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, con el que podamos cubrir las carencias informativas que hemos venido detectando a lo largo de este trabajo, a esta tarea dedicaremos el siguiente apartado.

2.5. PROPUESTA DE UN MODELO DE CÁLCULO DE COSTES Y DE GESTIÓN ADAPTADO A UN PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Con el fin de proceder de la forma más eficaz posible trabajaremos, fundamentalmente, con tres herramientas que entendemos primordiales a la hora de diseñar e implantar un sistema de costes, un objetivo claro, un buen conocimiento del proceso y mucho sentido común.

¹⁶² Es en los años ochenta cuando Cooper y Kaplan empiezan a poner de manifiesto las debilidades de los métodos de contabilidad de costes utilizados hasta ese momento. Proponen asignar los costes a los productos a través de las actividades necesarias para la producción de los mismos.

¹⁶⁴ En este libro, Kaplan y Cooper, recogen una divertida metáfora que contaba Mike Roberts, antiguo director ejecutivo del Proyecto de Gestión de Costes CAM-I, en la que asemejaba el paso de la Fase III a la Fase IV a las técnicas que utilizaban los atrevidos funambulistas que caminaban por las alas de los antiguos biplanos WWI. Estos personajes no soltaban el puntal al que estaban sujetos para pasar a la otra punta del ala sin confirmar que el nuevo puntal ofrecía la estabilidad y seguridad que estaban a punto de abandonar (Kaplan y Cooper, 1999:42).

Kaplan y Cooper (1999) consideran el diseño y la implantación de un sistema de costes como un viaje a través de cuatro fases.

En la *Fase I* se sitúan todos aquellos sistemas cargados de procedimientos de cálculo incorrectos que, consecuentemente, generan información inadecuada, incluso para la contabilidad externa. Estos sistemas son propios de empresas de reciente creación o de entidades ya existentes pero que no han evolucionado en esta materia sino que continúan utilizando “sistemas heredados”.

Los sistemas de *Fase II* en cambio, resultan “*útiles para valorar las existencias para los propósitos de los informes de contabilidad externa*” (Kaplan y Cooper, 1999:28). Sin embargo a pesar de ser los utilizados por la mayoría de las empresas, proporcionan información distorsionada sobre el coste de los productos, no estiman el coste, ni ofrecen información sobre las actividades y procesos empresariales.

Con los sistemas de *Fase III* se consiguen subsanar la mayor parte de las deficiencias de los sistemas de *Fase II*, puesto que además de facilitar la información necesaria a la Contabilidad Financiera, miden el coste de actividades y procesos, proporcionando información oportuna para la toma de decisiones interna.

En esta fase “*los directivos pueden tener tres tipos autónomos de sistemas de información contable: 1) un sistema tradicional para los informes financieros; 2) sistemas ABC para informar sobre el coste de procesos, productos y clientes; y 3) sistemas de feedback operativo para alentar la mejora de la eficiencia y los procesos*”. (Kaplan y Cooper, 1999:35).

En este caso, puesto que muchas empresas ya tienen sistemas adecuados a la hora de proporcionar información a la contabilidad externa, lo que se hace es incorporar sistemas ABC y de *feedback* operativo como elementos complementarios a los ya existentes.

Por último en la *Fase IV* “*los sistemas ABC y de feedback operativo están integrados y juntos proporcionan las bases para la preparación de estados financieros externos*” (Kaplan y Cooper, 1999:37).

Estos autores recomiendan cautela en este recorrido, de forma que “*las empresas necesitan la experimentación y el aprendizaje que se producen a través de los sistemas de Fase III*” antes de abordar la Fase IV¹⁶⁴ (Kaplan y Cooper, 1999:41).

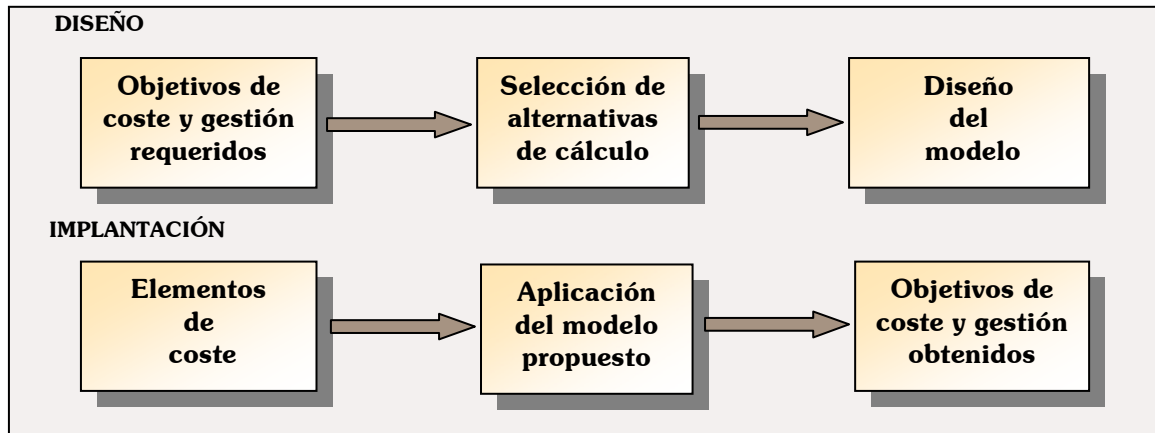
Nuestra intención, siguiendo dicha recomendación, no es por lo tanto diseñar un sistema de Fase IV, sino experimentar con un modelo “vivo”, capaz de aprender de forma que se pueda ir amoldando, poco a poco, a las necesidades concretas del proceso que analizamos.

A la hora de asumir este reto, somos conscientes de que “*... no existen, ni quizás puedan existir, unos principios o criterios generalmente aceptados para el diseño e implantación de un sistema de costes ya que, esencialmente, el concepto de coste es un concepto relativo, y los sistemas que propongan su medición deben concebirse de forma singular atendiendo a cada realidad empresarial concreta, y a la naturaleza de las decisiones que se deban adoptar*” (Valiente, 1996:79), por lo tanto se trata de un trabajo de artesanía, que va a responder concretamente a las necesidades y características de nuestro caso particular.

Pretendemos, por lo tanto, proporcionar un modelo que se distinga por su simplicidad, a la hora de ser implantado, sin perder la rigurosidad que se debe exigir a todo modelo de costes.

Podemos esquematizar, de forma muy elemental, el proceso de diseño e implantación de un sistema de costes según aparece en la *Figura 2.12*.

FIGURA 2.12
 REPRESENTACIÓN ELEMENTAL DEL DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN
 SISTEMA DE COSTES



FUENTE: Elaboración propia a partir de Vilar (2002:242)

Hemos desglosado el esquema propuesto por Vilar en dos fases, diseño e implantación. A través de las páginas que siguen a continuación trataremos de cubrir las tres etapas que configuran el proceso de diseño.

2.5.1. Objetivos planteados e información de costes requerida

Atendiendo a la recomendación hecha por Curry (1997) sobre la necesidad de especificar, en primer lugar, que tipo de información necesitamos obtener a la hora de diseñar un modelo de costes reflexionaremos, en este apartado, sobre hasta dónde queremos llegar para más tarde trazar el camino más adecuado.

Ya hemos dejado suficientemente claro la importancia que adquiere el proceso de depuración y posterior reutilización de aguas residuales como instrumento capaz de favorecer una gestión racional de todo el ciclo hidrológico.

Por lo tanto, y recordando los objetivos que ya proponíamos en el apartado 2.1 de este Capítulo, pretendemos dar respuesta a tres apartados que

consideramos fundamentales dentro de este objetivo principal de garantía hídrica:

a).- Considerar al proceso de depuración y reutilización de aguas como una actividad industrial de la cual se obtienen dos productos diferentes, *agua depurada* y *agua regenerada*, ambos con repercusiones medioambientales bien diferentes y que por lo tanto, es importante cuantificar por separado.

b).- Obtener un coste aproximado por fases, de forma que se favorezca la toma de decisiones interna y nos permita especificar unos indicadores de gestión que guíen la buena marcha del sistema.

c).- Establecer un sistema de tarificación racional que favorezca, entre otras cosas, una recuperación íntegra de costes, tal y como se recomienda en la Directiva Marco del agua y ofrecer al cliente una información detallada sobre la forma en la que se invierte el dinero que aporta como tasa de depuración, con el objeto de que se pueda sentir partícipe de este proceso y tome conciencia de la importancia que adquiere la reutilización en entornos dónde la disponibilidad de agua llega a ser un problema crítico.

En función de estos objetivos, y una vez conocidas las distintas alternativas de cálculo que nos ofrece la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión, debemos plantearnos dos preguntas fundamentales:

a).- ¿Qué costes incorporar al objetivo de coste?.

b).- ¿Cómo incorporar los costes al objetivo de coste?.

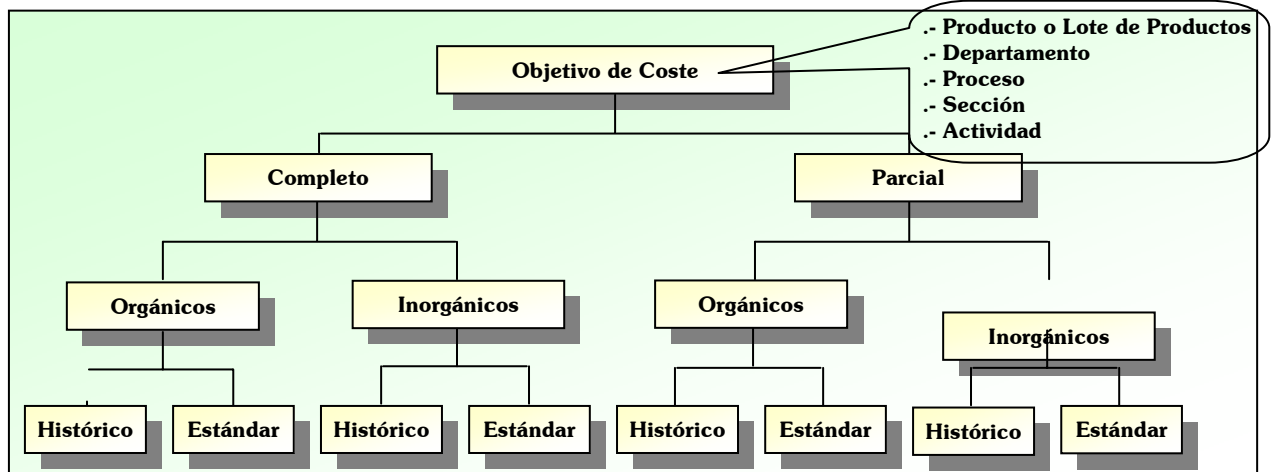
A estas dos cuestiones trataremos de responder en los apartados siguientes.

2.5.2. Selección de las alternativas de cálculo

Las opciones que nos brinda la Contabilidad de Costes, y que veíamos en el apartado 2.4.1 de este Capítulo, quedan reflejadas en la *Figura 2.13* de manera que en base a las necesidades informativas requeridas se combinarán

los distintos sistemas, y sus posibles variantes, para configurar el modelo de costes adaptado a la empresa analizada en cuestión.

FIGURA 2.13
CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSTES



FUENTE: Elaboración propia.

2.5.2.1. Sistema de coste completo o sistema de coste parcial

Siguiendo la lógica de la figura anterior tendremos que decidir, en primer lugar, entre sistemas de costes completo o parcial.

Tal y como reconoce Yardín (1992:696) “*el punto fundamental que separa al criterio de costeo de plena absorción del de costeo variable es la distinta concepción que adoptan frente a los costos fijos. Mientras que el costeo variable, o enfoque marginal, los concibe como una cuantía indivisible, el costeo de plena absorción, o enfoque integral, entiende que los costos fijos admiten una divisibilidad entre las unidades producidas*”.

Son muchos los autores que han mostrado sus preferencias por uno u otro sistema, así el propio Yardín (1994:201) considera que el concepto de coste fijo unitario, que defienden los sistemas de costes completo, “*no responde a ninguna categoría lógica de análisis*” puesto que los costes fijos son

independientes del volumen de producción, de manera que *“están vinculados con la producción total, no con la producción unitaria”*.

Por lo tanto, este autor considera que la utilización de un sistema de costes completo, en el que no hay posibilidad de diferenciar entre costes fijos y variables, resulta ineficaz para obtener una información correcta.

Sin embargo, Baxter y Oxenfeldt (1961), señalan que los sistemas de costes de absorción podrían ser a la vez útiles e intelectualmente defendibles cuando se utilizan para fijar precios y en decisiones relativas al mix de productos. La esencia de su argumento es que las imputaciones de costes pueden servir como sustitutos del coste de oportunidad de utilizar los recursos de capacidad de la empresa en una tarea o un producto concreto.

Por otro lado, Lucas (2001:49) reconoce que una de las mayores críticas que se le hacen a los sistemas de costes completos es que imputa costes generales al objetivo de coste, en principio no atribuibles a productos concretos, en lugar de tratarlos como costes del período.

Ortega (2002:61) desecha los sistemas de costes parciales, *“es decir, aquellos que no acumulan costes indirectos y que son muy utilizados para la toma de decisiones a corto plazo. Y los basados en sistemas modernos de costes, como el ABC, y que, siendo completos, son difícilmente auditables y muy cambiantes en el tiempo, pues dependen de la consideración de múltiples variables de costes”*.

Hay que tener en cuenta, por otro lado, que no todos los sistemas de acumulación de costes son aceptados por la contabilidad Financiera. De hecho, la NIC 2 y la RICAC 2000¹⁶⁵ coinciden en un único modelo que engloba un sistema de costes completo atenuado con imputación racional.

¹⁶⁵ Garrido (2002) hace un análisis comparativo del contenido de ambas normas.

Entre las posturas más prudentes, encontramos la de Schneider (1972:222) que se plantea hasta que punto está justificado atribuir a la clasificación de los costes entre fijos y variables una importancia fundamental para la contabilidad. También Serrá y Vilar (1993) consideran que ambos métodos no deberían excluirse, sino que podrían convivir con la intención de facilitar la elaboración de distintos informes utilizando ambas metodologías.

Autores como Drury (2004) han simplificado este debate a una lucha entre los argumentos a favor del coste del período y del coste del producto, en este sentido, opinamos que la elección entre uno y otro sistema depende, en definitiva, de las características del proceso que se está analizando.

En resumen, y siguiendo a García (1984) que reconoce entre las ventajas más importantes asociadas a la utilización de un sistema de costes variable la posibilidad de diferenciar entre costes de actividad y costes de estructura, hemos decidido situarnos en un punto intermedio entre ambas opciones de acuerdo con los objetivos de información anteriormente propuestos.

De esta forma y teniendo en cuenta la consideración de Amat y Soldevilla (1998:94) sobre que la *“información que facilita un sistema de costes parciales puede ser insuficiente para aquellas empresas en las que se desee conocer de forma más exacta la repercusión de los costes indirectos, o costes comunes de la estructura general de la empresa, en cada producto”*, trataremos de conjugar ambas posibilidades trabajando con un modelo que nos permita, por un lado agrupar, tanto costes fijos como variables directos e indirectos a los centros de costes identificados, y por otro que nos ofrezca la posibilidad de cuantificar por separado los costes de estructura ajenos a la actividad de la empresa como opción a la hora de plantearnos el diseño de un sistema tarifario eficaz.

2.5.2.2. Sistema de coste orgánico o sistema de coste inorgánico

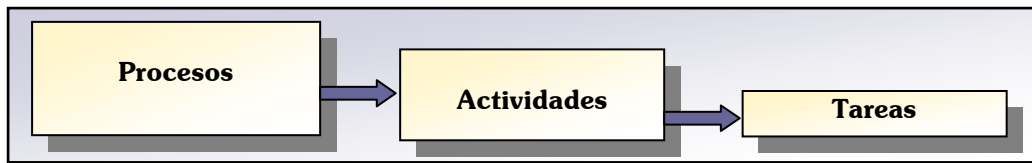
De acuerdo con la información que debe suministrar el modelo, en función del objetivo de racionalidad que tendría que guiar toda actuación en materia hídrica, estimamos oportuno inclinarnos por un sistema de costes orgánico.

Baídez *et al.* (2001) reconocen que mientras que un sistema global resulta demasiado grande para ser gestionado, sus piezas elementales no lo son. Por lo tanto, consideramos fundamental ordenar la información disponible, en procesos y dentro de cada proceso en actividades, de manera que vamos a fijarnos tres objetivos de coste: Procesos, actividades y productos.

Reconocemos que la proximidad conceptual entre actividad y proceso es tal que en muchos casos resulta complicado trazar un límite lógico entre ambos conceptos. De hecho, muchos autores utilizan ambos términos de forma intercambiable. Brimson (1991), por ejemplo, los define de igual manera: *“combinación de personas, tecnología, materiales, método, entorno, que proporciona un producto o servicio determinado. Las actividades describen lo que hace la empresa: la forma en la que utilizan su tiempo y la producción del proceso”*.

También para Castelló y Lizcano (1998:52) la gestión de las actividades se encuadra *“en un contexto más amplio de gestión de procesos”*. De hecho las actividades, compuestas a su vez por un conjunto de tareas, se encadenan dando lugar a los procesos, por medio de los cuales, de forma secuencial o simultánea, se van obteniendo los diversos estados intermedios o finales del output que acumula el valor de la producción (Mallo y Merlo, 1995).

Según estas consideraciones la cadena de valor de los procesos quedaría, tal y como se refleja en la figura siguiente, con el siguiente orden jerárquico.

FIGURA 2.14**ORDEN JERÁRQUICO DE LA CADENA DE VALOR DE LOS PROCESOS**

FUENTE: Elaboración propia.

Uno de los principales problemas que se nos plantea al adoptar esta opción es precisamente identificar el conjunto de actividades que intervienen en cada proceso. Para ello es necesario un diagnóstico previo, así como un profundo conocimiento de la empresa, sus características y procesos aplicados.

De hecho el Sistema de Coste por Actividades, principal precursor de este tipo de enfoque, *“es un método que agrega y descompone actividades, pero no especifica dónde se hallan los límites para proceder a esas divisiones”* (Blanco, 1998:223), por lo que en muchos casos se hace complejo marcar la frontera entre las propias actividades e incluso entre actividades y procesos.

Moreno y Rico (2002:8) reflexionan sobre la conveniencia de utilizar, para las empresas de abastecimiento y saneamiento de aguas en general, un sistema de costes y gestión basado en las actividades, en la medida en que de este modo, se tendría mucha más información acerca de todas las actividades que se desarrollan en la prestación del servicio y se podría buscar mejor la eficiencia en el desempeño de este tipo de actividades.

De igual modo la tarifa del agua se podría establecer en función del coste de las actividades que tienen que desempeñar, en cada uno de los municipios que abastecen, llegando a una tarifa más justa.

2.5.2.3. Sistema de coste histórico o sistema de costes estándar

Por último trabajaremos con datos medios estimados para un período concreto, puesto que de lo que se trata es de crear una especie de plantilla que sirva como modelo de gestión a la hora de dirigir la práctica de este tipo de procesos.

En esta línea es fundamental incluir unos indicadores de gestión, tanto financieros como no financieros, que sirvan como medidas de control del funcionamiento del proceso, apoyados en criterios económicos y de sostenibilidad hídrica.

Una vez identificados los distintos objetivos de coste (procesos, actividad, productos) y decididos que costes incorporar a los distintos objetivos de coste (directos, indirectos, fijos y variables, con opción de cuantificar aparte los relacionados con la infraestructura de la empresa) especificaremos, en el siguiente apartado, el procedimiento de cálculo.

2.5.3. Diseño del modelo

En este apartado pretendemos responder a la segunda cuestión que planteábamos, ¿cómo incorporar los costes al objetivo de coste?. Para ello trataremos de ordenar las piezas de las que disponemos, según la información que necesitamos obtener y de acuerdo con las alternativas de cálculo de coste seleccionadas en el apartado anterior.

Con esta inquietud proponemos un modelo que:

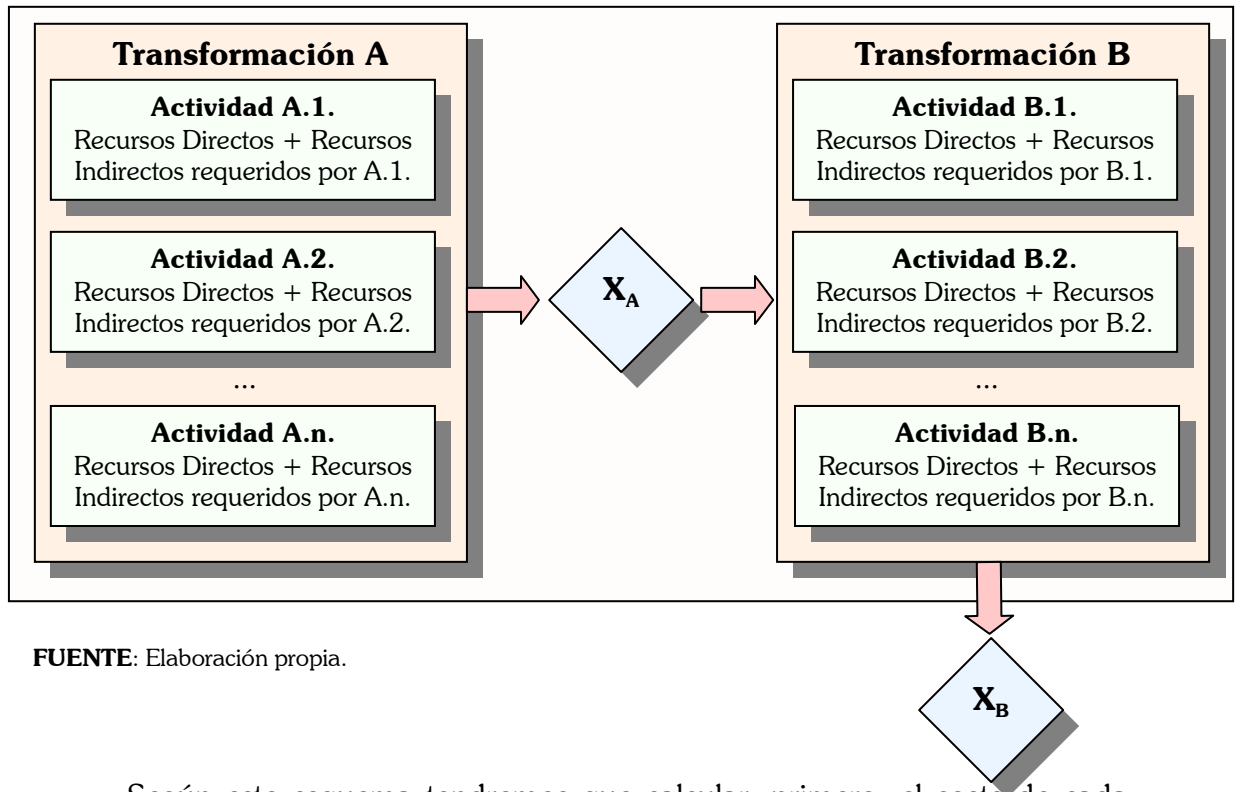
- *Recoja el procedimiento de los sistemas de costes por procesos*, puesto que nos interesa tener información sobre el valor que añade al agua tratada cada fase del proceso global. Ribaya (1999:335) es partidario de aplicar un sistema de costes por proceso a aquellas empresas cuyo

sistema de producción sea continuo, de manera que, una vez obtenido el coste correspondientes a cada fase para un período determinado, el coste total de los productos se puede obtener por acumulación de los importes asignados a cada una de las fases por la que ha pasado el producto. Este sistema describe con detalle el proceso de generación de valor añadido, permitiendo al usuario una aproximación gradual a la parte del proceso productivo objeto de su interés.

- *Adopte el enfoque básico que aporta el ABC (Figura 2.10), en cuánto que para poder obtener los productos o servicios con los que la empresa comercializa se deben ejecutar una serie de actividades que, a su vez consumen recursos. Esta nueva concepción del ciclo de transformación de los inputs permite poner en marcha un sistema de gestión más eficaz, siendo posible llevar a cabo un control por actividad. De hecho, Oldman et al. (2001) reconocen que un enfoque de la gestión estratégica de costes basado en las actividades puede proporcionar a la dirección una comprensión más rica y sólida de la dinámica de costes.*
- *Defina una serie de indicadores de gestión, tanto financieros como no financieros, que nos permitan recoger información sobre la marcha del proceso.*

En definitiva la operativa de cálculo de coste y el control de la gestión del proceso, objeto de estudio, quedaría representada, de forma genérica, según el siguiente esquema:

FIGURA 2.15
DISEÑO DEL MODELO PROPUESTO.



FUENTE: Elaboración propia.

Según este esquema tendremos que calcular, primero, el coste de cada actividad, en función de la cantidad de recursos que resulta necesario consumir con el fin de ejecutar cada una de ellas.

$$A_{A1} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$A_{A2} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

...

$$A_{An} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$A_{B1} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$A_{B2} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

...

$$A_{Bn} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

De esta forma podríamos obtener el importe de cada transformación, como la suma de la cantidad de actividades ejecutadas con el fin de completar un determinado proceso productivo.

$$T_A = A_{A1} + A_{A2} + \dots + A_{An}$$

$$T_B = A_{B1} + A_{B2} + \dots + A_{Bn}$$

Por último el coste unitario de cada de cada producto estará compuesto por la suma del importe asignado a cada transformación relacionada con la obtención de dicho producto dividido entre el número de unidades obtenidas.

$$X_A = T_A / N^{\circ} \text{ de unidades de A}$$

$$X_B = T_B / N^{\circ} \text{ de unidades de B}$$

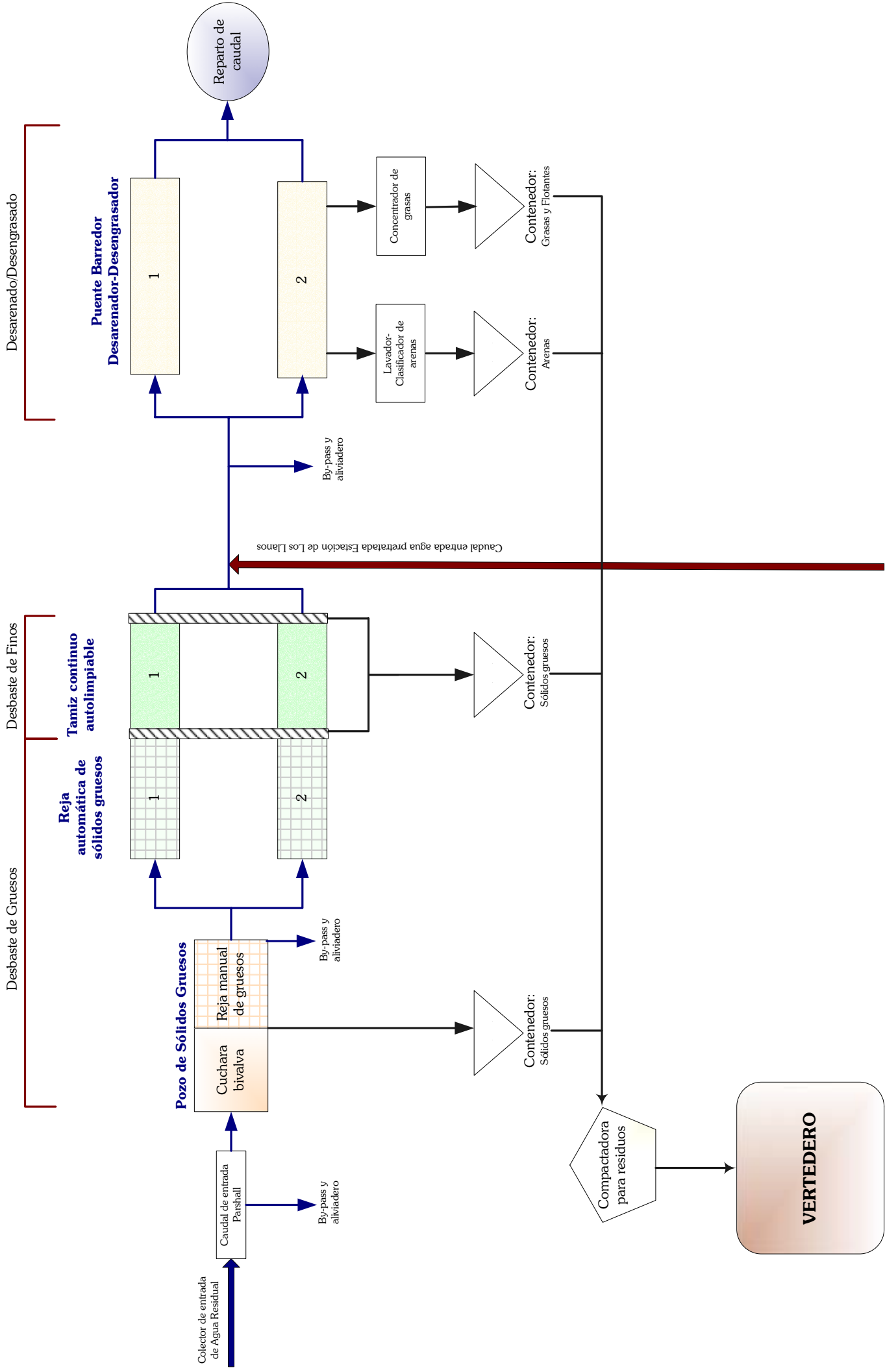
En resumen pretendemos aplicar lo que Podmoguilnye (2005:81) define como HPC (Hybrid Process Costing) que no es otra cosa que *“una técnica de gestión con información híbrida basada en la actividad, sustentada en una técnica de costeo basado en actividades con la posibilidad de generar información híbrida”*.

Entre las principales características del HPC debemos destacar las siguientes:

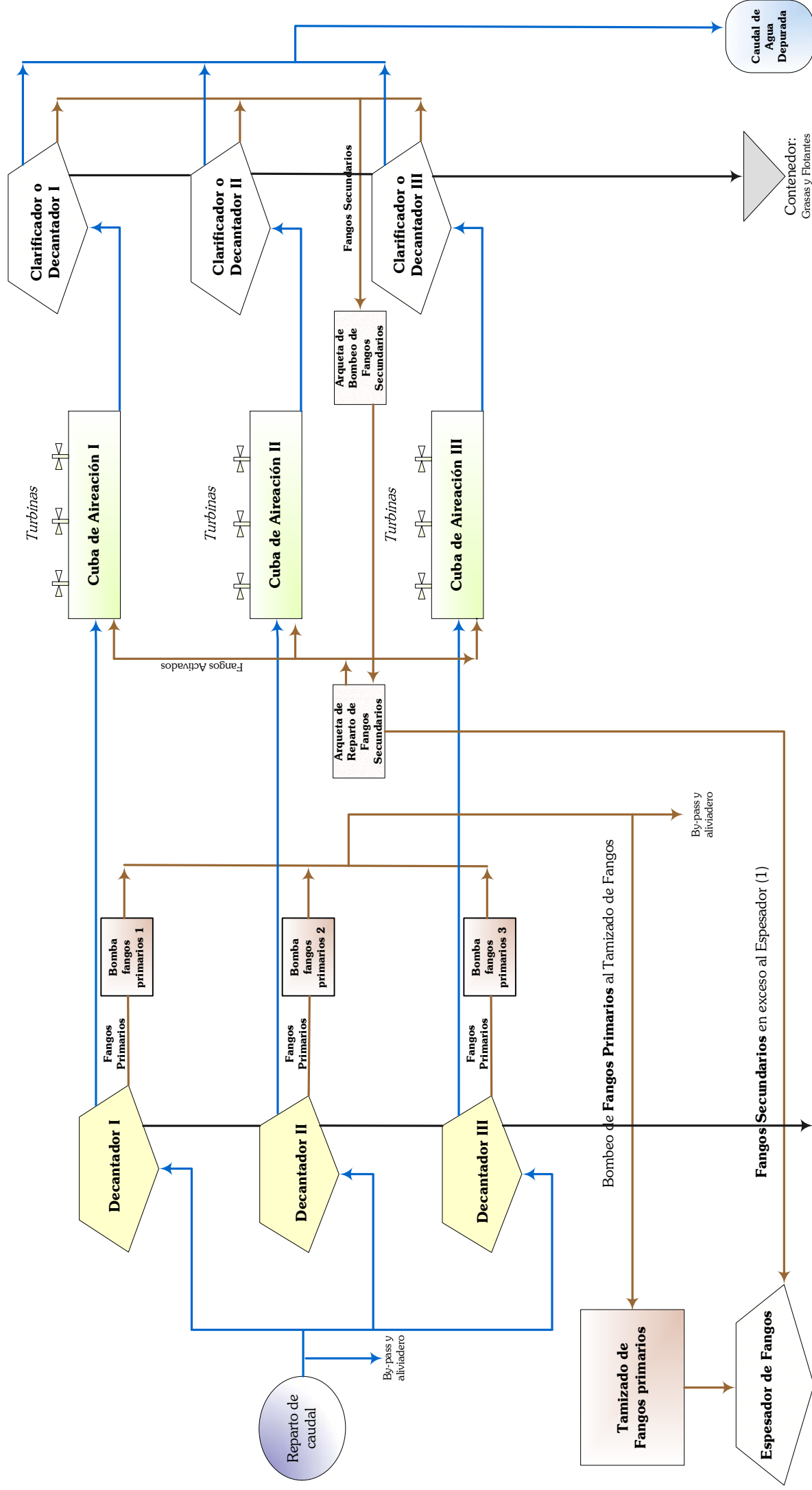
- ✓ Persigue, básicamente el control de las distintas actividades ejecutadas en una empresa.
- ✓ Conviven distintas técnicas de asignaciones de coste, tanto de sistemas tradicionales como de metodologías de cálculo más actuales, como el ABC.
- ✓ Permite identificar claramente los recursos o factores que son consumidos por las actividades..

Una vez hecho el boceto del modelo de costes y de gestión que consideramos más conveniente a la hora de dar respuesta a los objetivos previamente establecidos, dedicaremos el siguiente capítulo a desarrollar este modelo HPC, con el fin de darle una estructura lógica de procedimiento.

ANEXO 2.1.: PRETRATAMIENTO

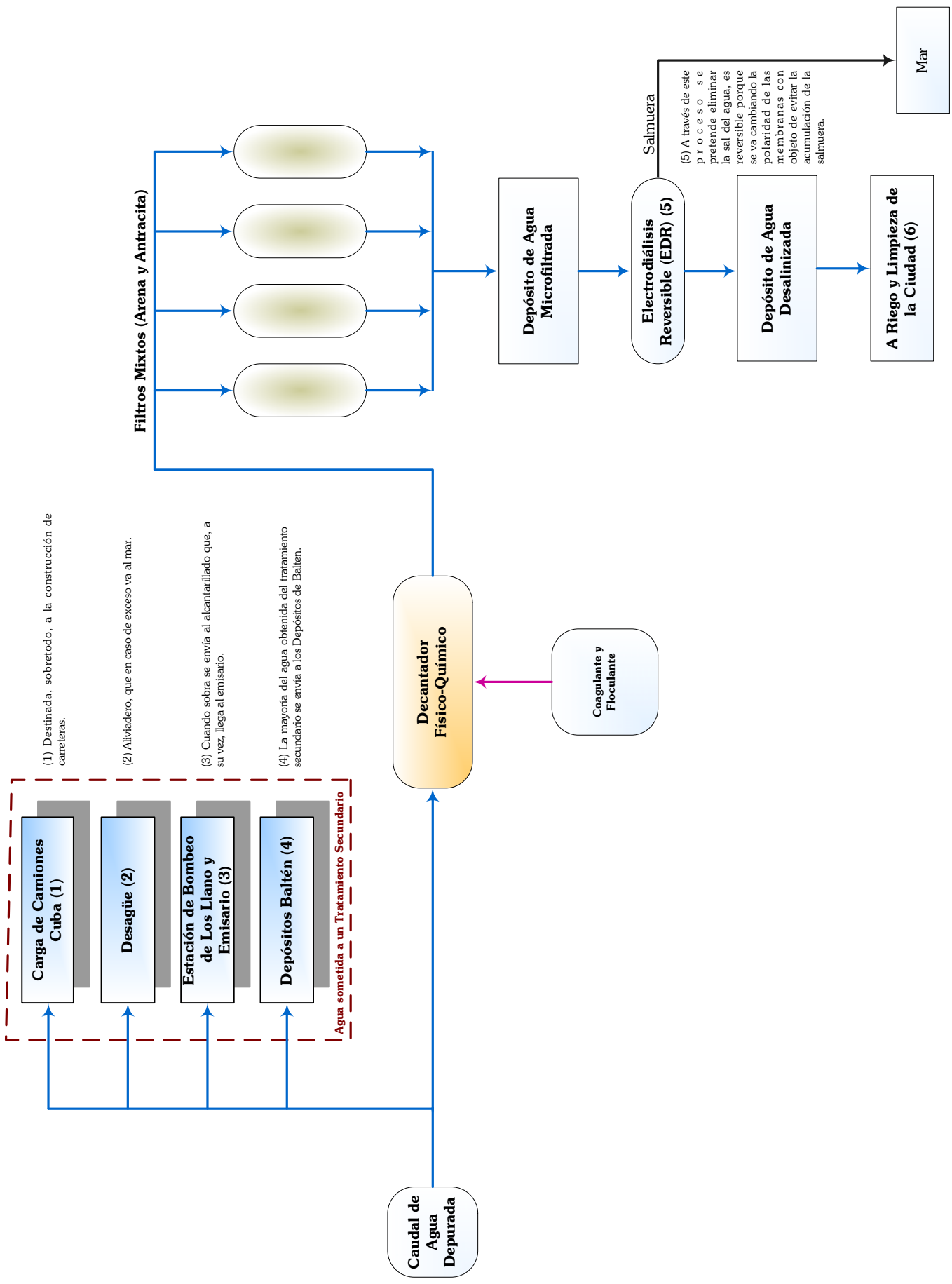


ANEXO 2.2.: TRATAMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO

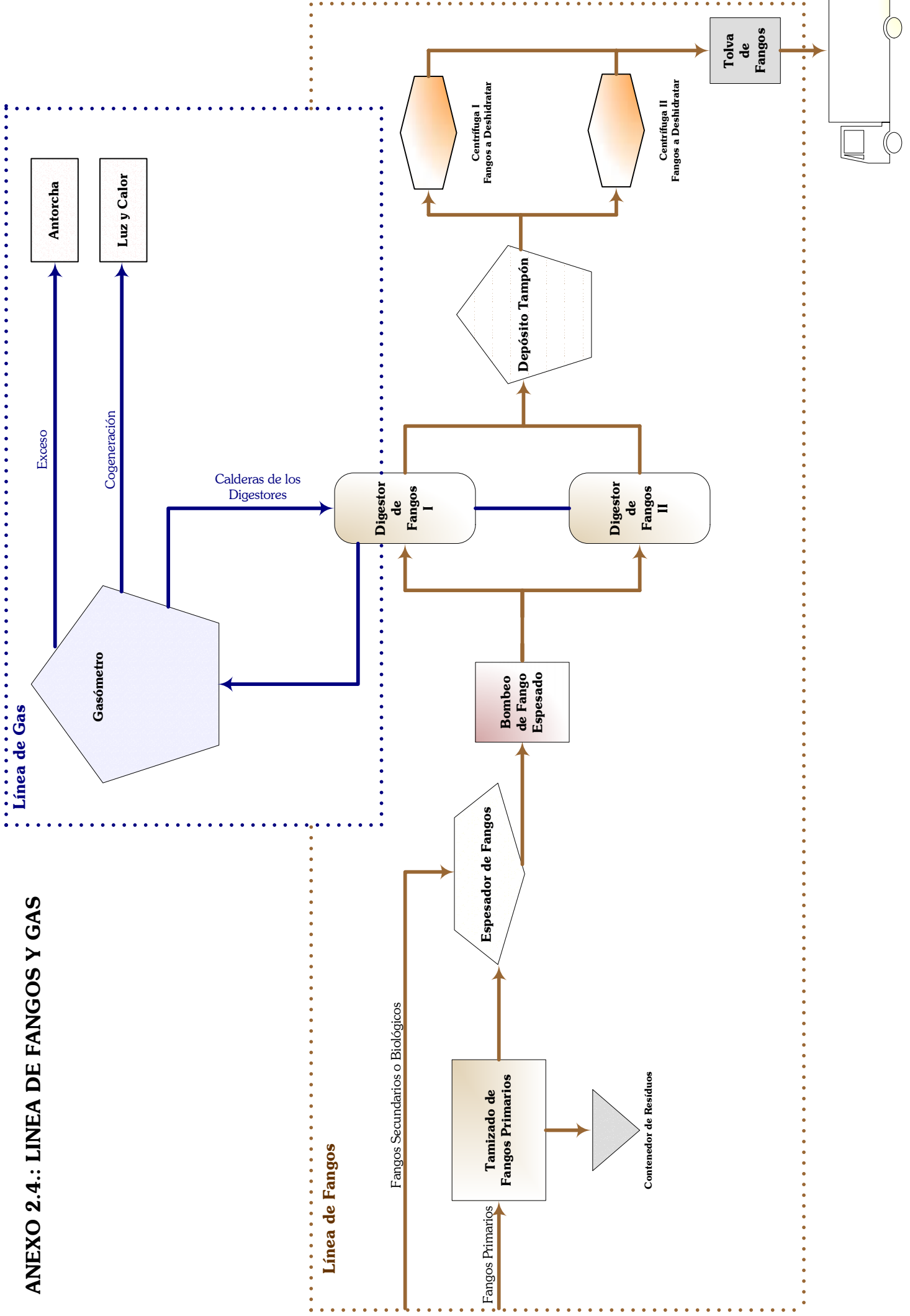


(1) A veces el exceso de Fangos Biológicos se envía a cabecera y se mezclan con los Fangos Primarios.

ANEXO 2.3.: TRATAMIENTO TERCIARIO



ANEXO 2.4.: LINEA DE FANGOS Y GAS



CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN PROPUESTO

INTRODUCCIÓN

A pesar de las particularidades ya comentadas en capítulos anteriores, en consonancia con su naturaleza de servicio público, las actividades relacionadas con el abastecimiento y saneamiento de agua podríamos decir que guardan bastante similitud con la contabilidad analítica que podemos encontrar en sociedades mercantiles, dónde la contabilidad de costes está mucho más desarrollada.

Retomando el último apartado del capítulo anterior recordemos que, en función de los objetivos de costes señalados y las necesidades informativas requeridas, hemos sugerido utilizar un Hybrid Process Costing para el caso concreto que analizamos.

En este tercer capítulo trataremos de desarrollar el modelo de costes y de gestión propuesto profundizando, por un lado, en el procedimiento de cálculo del coste del agua depurada y del agua regenerada, y por otro planteando un Cuadro de Mando Integral que facilite una toma de decisiones oportuna y eficaz.

Acompañaremos este desarrollo teórico con la aplicación práctica del modelo en el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales que se lleva a cabo en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, tal y como ya justificábamos en el Capítulo anterior.

Para ello, y con la información recopilada a través del análisis de manuales técnicos y entrevistas, fundamentalmente, hemos diseñado y desarrollado una aplicación informática (GECO) que nos ha servido como herramienta de cálculo a la hora de simular la implantación del modelo y del cual hemos obtenido una serie de informes que hemos incluido como anexos a este capítulo.

3.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Siguiendo la recomendación que nos hace Schneider (1972:25) resulta fundamental desglosar la estructura del proceso de producción “*para la comprensión de la contabilidad y de sus funciones*”. De ahí que un cálculo que haya de ajustarse a la realidad, debe estar en íntimo acuerdo con la estructura del proceso productivo, debiendo cumplir con dos requisitos fundamentales:

- a) Los costes han de ser fijados para cada fase del proceso.
- b) La metodología de cálculo debe coincidir con el avance del producto a lo largo del proceso productivo de forma que se pueda conocer el aumento de valor del producto de fase a fase.

Con el objeto de representar gráficamente la circulación de valor de un proceso productivo se ha diseñado una herramienta fundamental en Contabilidad de Costes, el *grafocoste*, que López y López (2002:67) definen como “*la formulación matemática de un modelo contable de costes*”.

Este instrumento permite identificar, de una forma gráfica y fácilmente comprensible, las variables técnicas y económicas más relevantes del proceso, además de describir con detalle la generación de valor a través del mismo.

El diseño del grafocoste se apoya en tres conceptos fundamentales con los que vamos a trabajar; transformaciones productivas, operaciones de producción y relaciones de prestación.

Precisamente dedicaremos los siguientes apartados a definir estos pilares básicos sobre los cuales apoyaremos nuestro modelo.

3.1.1. Transformaciones productivas

Una *transformación productiva* hace referencia al conjunto de actividades que suponen un cambio de estado, de factor a producto, en un proceso. Esta

transición se debe apoyar en una relación de causalidad entre estos dos elementos.

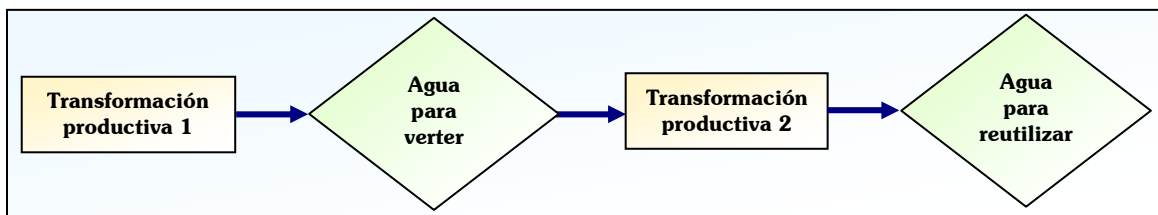
Por lo tanto, podríamos decir que un proceso productivo es “*una transformación, según una determinada técnica, de factores productivos en producto*” (Calafell, 1967:243). Si las transformaciones son controladas se hablará de *sistema productivo*.

Por lo que, un sistema productivo estará compuesto por una serie de transformaciones productivas controladas y enlazadas que convierten factores productivos en sucesivos productos intermedios hasta llegar a los outputs finales.

En el proceso de depuración y posterior reutilización de aguas residuales objeto de estudio, podemos identificar dos transformaciones productivas encaminadas a limpiar el agua residual, según queda reflejado en el esquema representado en la *Figura 3.1*.

En primer lugar aquella que convierte al agua residual en apta para ser vertida al medio, según la normativa en vigor, y en segundo lugar la que permite reutilizar el agua regenerada para diversos usos.

FIGURA 3.1
ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO:
TRANSFORMACIONES PRODUCTIVAS



FUENTE: Elaboración propia.

3.1.2. Operaciones de producción

Cuando las transformaciones productivas están referidas a un intervalo de tiempo determinado estaremos hablando de *operaciones de producción*.

Siguiendo a García (1984) podemos clasificar las operaciones de producción según una serie de criterios:

a).- Según el número de transformaciones productivas:

Elementales , si se realiza una sola transformación.	Complejas , si operan más de una transformación productiva.

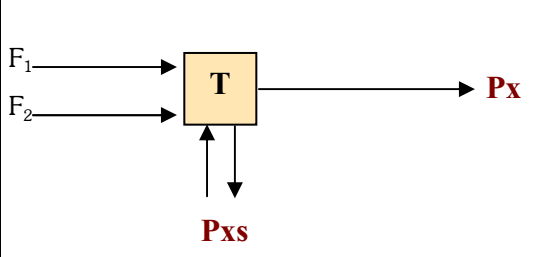
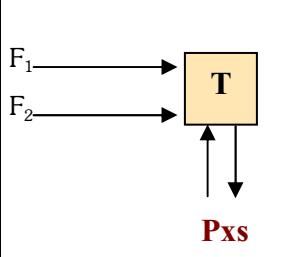
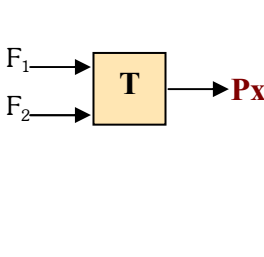
b).- Según el número de productos obtenidos simultáneamente:

Simples , cuando se obtiene un solo producto.	Conjuntas , cuando se obtienen varios productos al mismo tiempo.

c).- Según la relación entre factores y productos:

Unívocas , cuando ningún factor es a la vez producto y viceversa.	Circulares , cuando hay algún producto de la operación que se emplea, al mismo tiempo, como factor de la misma (se recicla).

d).- Según al grado de continuidad o discontinuidad del flujo de producción:

<p>Continua, cuando los productos obtenidos fluyen continuamente en el tiempo, pudiendo presentar una parte acabada y otra en proceso de elaboración.</p>	<p>Discontinua, cuando los productos obtenidos fluyen discontinuamente en el tiempo y pueden estar o totalmente acabados o en proceso de elaboración.</p>	
		

En relación con el sistema productivo objeto de estudio, las operaciones de producción que lo componen se caracterizan por ser:

- ✓ *Complejas*, puesto que, tal y como vimos en el apartado anterior, operan dos transformaciones productivas (*Figura 3.1*).
- ✓ *Simples*, si tenemos en cuenta que los productos no se obtienen de forma simultánea.
- ✓ *Unívocas*, puesto que el agua depurada no se convierte en factor de la misma transformación productiva aunque sí de la siguiente.
- ✓ *Continuas*, en la medida en que estamos trabajando con un proceso que se realiza sin interrupción.

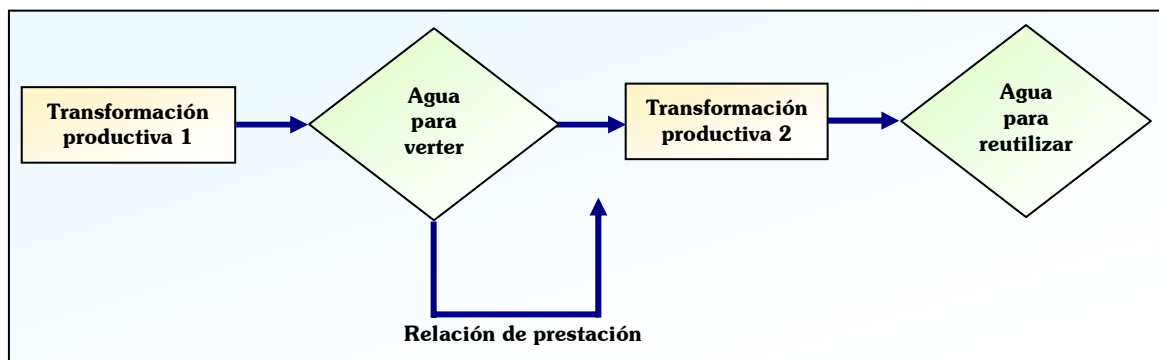
3.1.3. Relaciones de prestación

Se producirá una *relación de prestación* cuando el producto de una operación de producción se convierte en factor productivo de la siguiente.

La estructura de un proceso productivo vendrá determinada, por lo tanto, por las operaciones que componen dicho proceso y las relaciones de prestación que las unen.

En el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales que se realiza en la EDAR de Santa Cruz de Tenerife, y retomando el esquema anterior, se obtienen dos productos distintos; por un lado agua depurada que se vierte al medio y por otro agua regenerada que se reutiliza, observándose una relación de prestación entre ambos, puesto que el primer producto es también factor productivo del segundo.

FIGURA 3.2
 ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO:
 RELACIÓN DE PRESTACIÓN



FUENTE: Elaboración propia.

Una vez aclarados estos conceptos que, por otra parte, consideramos básicos para entender el desarrollo del modelo que proponemos, trataremos, en el siguiente apartado, de establecer un orden lógico en lo que a procedimiento de cálculo se refiere, es lo que hemos denominado “mapa del proceso”.

3.2. DISEÑO DEL MAPA DEL PROCESO

Basándonos en la metodología de trabajo que López y López (2001) establecen a la hora de diseñar el mapa circulatorio de un proceso de cálculo de costes vamos a cubrir cinco fases en nuestra investigación:

- **1ª Fase:** En la que se reconocerán los productos finales del sistema productivo y sus unidades técnicas de medida.
- **2ª Fase:** En donde se establecerán las transformaciones productivas que intervienen en la obtención de los productos y las actividades llevadas a cabo con el fin de ejecutar dichas transformaciones.
- **3ª Fase:** A través de la cual se identificarán los factores o recursos que participan en el desarrollo del proceso. Además se clasificarán entre directos o indirectos, en relación con el objetivo de coste que la empresa se haya planteado, y fijos o variables, según su dependencia del volumen de actividad.
- **4ª Fase:** A continuación se intentará desarrollar un sistema lógico de asociación entre recursos y actividades y actividades y productos que permita, además de poner en marcha un sistema de gestión eficaz, calcular el coste de los distintos procesos.
- **5ª Fase:** Por último se calculará el coste de los distintos productos identificados en el proceso y se analizarán los resultados obtenidos, tanto por actividad como por productos.

Al análisis de cada una de las cinco fases que hemos identificado a la hora de desarrollar el modelo propuesto dedicaremos los siguientes apartados.

3.2.1. Fase 1: Identificación de los productos finales y descripción de sus unidades técnicas de medida

Ya hemos comentado a lo largo de este trabajo que, bajo nuestro criterio, en el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales se obtienen dos productos claramente diferenciados, con implicaciones medioambientales muy distintas, agua depurada y agua regenerada.

Es fundamental reconocer la existencia de estos dos productos, que exigen un tratamiento específico en cada caso, si se pretende gestionar de forma racional los recursos hídricos disponibles de una determinada región.

Con el fin de afrontar esta primera fase hemos diseñado una Ficha de Alta de Outputs (*Figura 3.3*) en la cuál se recogerán los datos básicos de los productos reconocidos en el proceso.

FIGURA 3.3
FICHA DE ALTA DE OUTPUTS

<p>OUTPUT:</p> <p>Descripción del output:</p> <p>Unidad técnica de medida:</p> <p>Tipo de output:</p>

FUENTE: Elaboración Propia.

Una vez identificados y descritos los outputs obtenidos en el proceso, se especificarán sus unidades técnicas de medida, lo que nos va a permitir cuantificar, en unidades físicas, el resultado del proceso productivo.

Como ejemplo de unidad técnica de medida sugerimos la cantidad, en metros cúbicos, de agua depurada y regenerada obtenida en cada caso.

Por último, especificaremos el tipo de output al que nos estamos refiriendo; producto en curso, semiterminado, terminado, subproducto, residuo o materiales recuperados.

Incluimos, a continuación, una descripción de cada uno de estos conceptos según figura en el Plan General de Contabilidad.

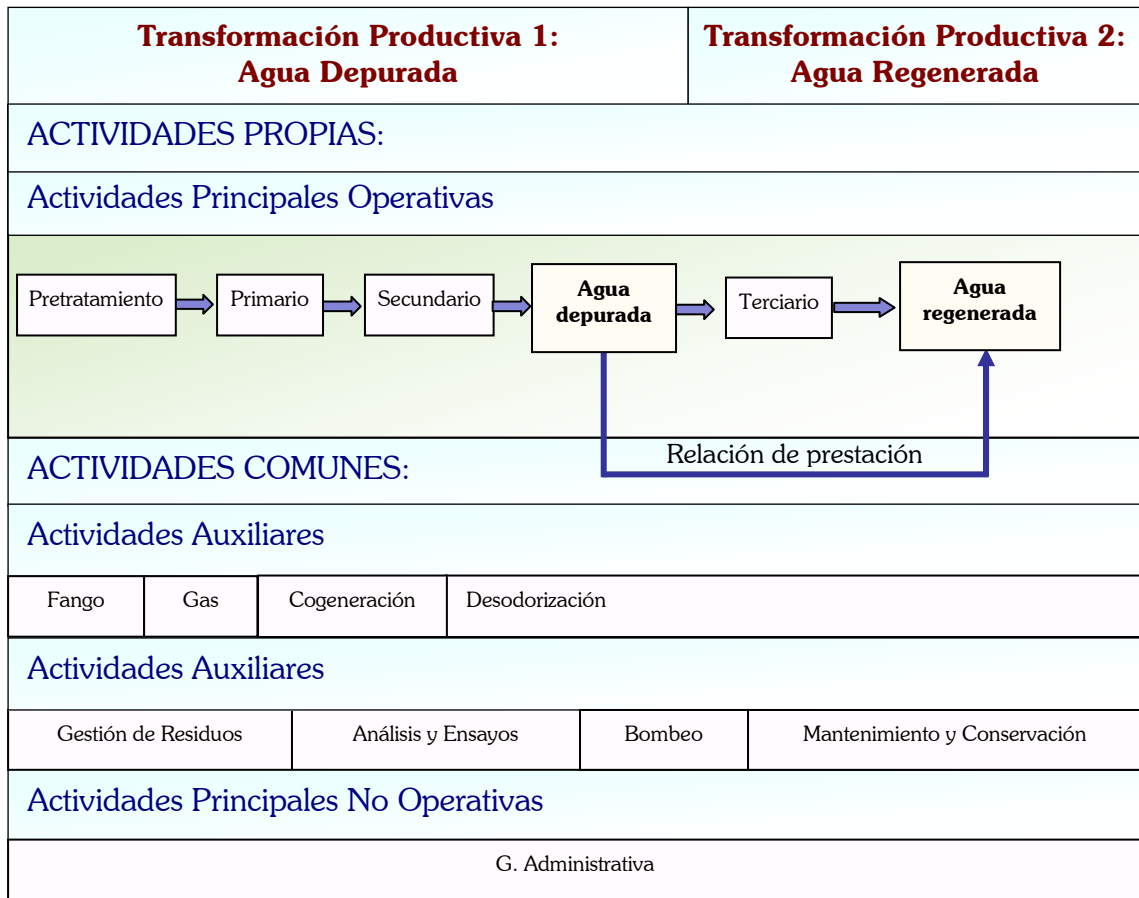
Productos en curso	Son los productos que se encuentran en fase de formación o transformación en un centro de actividad al cierre del ejercicio.
Productos semiterminados	Los fabricados por la empresa y no destinados, normalmente, a su venta hasta tanto sean objeto de elaboración, incorporación o transformación posterior, aunque pueden ser objeto de negocio.
Productos terminados	Los fabricados por la empresa y destinados al consumo final o a su utilización por otras empresas.
Subproductos	Los de carácter secundario o accesorios de la fabricación principal.
Residuos	Los obtenidos inevitablemente y al mismo tiempo que los productos y subproductos, siempre que tengan un valor intrínseco y puedan ser utilizados o vendidos
Materiales recuperados	Los que, por tener valor intrínseco, entran nuevamente en almacén después de haber sido utilizados en el proceso productivo.

3.2.2. Fase 2: Definición de las transformaciones productivas y de las actividades

En este proceso hemos distinguido dos transformaciones productivas, relacionadas con la obtención de cada uno de los productos identificados (*Figura 3.1*).

Asociadas a cada transformación productiva se desarrollan una serie de actividades que completan el proceso de limpieza del agua residual (*Figura 3.4*).

FIGURA 3.4
CLASIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES



FUENTE: Elaboración propia.

Dentro de este grupo de actividades distinguiremos entre;

- a. *Actividades propias*, si están asociadas a una determinada transformación productiva. En este caso tenemos que las actividades de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario son propias a la transformación productiva “agua depurada”. Mientras que la actividad de tratamiento terciario corresponde a la transformación de “agua regenerada”.
- b. *Actividades comunes*, si no es privativa de una determinada transformación sino que es requerida por varias. Volviendo al proceso objeto de estudio tendríamos como actividades comunes la de fango, gas, cogeneración, desodorización, gestión de

residuos, análisis y ensayos, bombeo y mantenimiento y conservación.

Además de esta clasificación habría que distinguir entre:

- a. *Actividades principales*, cuya ejecución resulta esencial para la consecución del objetivo de la empresa. Dentro de este grupo habrá que diferenciar, además, entre actividades operativas y no operativas según estén o no relacionadas con el proceso de obtención del producto en sí. En el caso que nos ocupa las actividades de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, serían principales operativas. Mientras que sólo la actividad de gestión administrativa se considera como principal no operativa.
- b. *Actividades auxiliares*, que son aquellas que se limitan a servir de apoyo a las principales. En el proceso analizado tendríamos como actividades auxiliares las de fango, gas, cogeneración, desodorización, gestión de residuos, análisis y ensayos, bombeo y mantenimiento y conservación.

Podríamos, además, desmenuzar cada actividad en una serie de tareas más concretas permitiéndonos de esta forma llevar a cabo un control más exhaustivo del proceso global, sin embargo para cubrir los objetivos informativos previstos, no creemos necesario descender a tal nivel de concreción.

3.2.3. Fase 3: Relación y clasificación de los factores: Consumo de recursos

En este apartado relacionaremos los diversos factores de los que se nutren las distintas actividades identificadas en el apartado anterior, con el fin de llevar a cabo su función transformadora.

Coincidiendo con Vallejo (1993) se reconocen, a grandes rasgos, una serie de elementos de costes asociados a un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales:

Mano de obra:	Comprende, en general las retribuciones fijas y variables, monetarias o en especies, del personal, ya sea fijo o eventual, que atiende el servicio. Dentro de este grupo ¹⁶⁶ estarían los sueldos y salarios, pluses, horas extraordinarias, transporte del personal, formación del personal, vestuarios, dietas, otros gastos sociales, Seguridad Social a cargo de la empresa,...
Energía:	Engloba el consumo, valorado en dinero, de las distintas fuentes de energía empleadas en la obtención tanto de agua depurada como de agua regenerada. Este concepto suele tener un peso importante en la estructura de costes de cualquier empresa que gestione una depuradora.
Productos de Tratamiento:	Comprende la cantidad, valorada en unidades monetarias, de productos químicos y reactivos empleados para tratar el agua depurada y regenerada.
Conservación y mantenimiento:	Recogemos en este concepto todas aquellas tareas encaminadas a garantizar el normal funcionamiento de todos los equipos e instalaciones, puesto que cualquier fallo en alguna de las fases puede acarrear graves consecuencias sociales y medioambientales. Hay que tener en cuenta que una depuradora es una instalación que, a diferencia de otras industrias, debe trabajar sin pausa todos los días del año.
Costes administrativos:	Que se pueden agrupar en dos grandes bloques; relación con los usuarios y control económico y administrativo. El primero de ellos se centra en la atención al ciudadano, en este caso representado por los ayuntamientos, mientras que el segundo se refiere al logro de un coste ajustado a los trabajos que se realizan como objetivo de la gestión.
Suministros y servicios exteriores:	Este apartado incluye, suministros de electricidad y gas para alumbrado y calefacción de las dependencias, contratación de servicios técnicos y jurídicos, contratación de servicios exteriores de transporte, vigilancia de los edificios e instalaciones, contratación de los servicios de lectura y cobro domiciliario, salvo los realizados por el propio personal, confección exterior de recibos, alquiler y mantenimiento del equipo informático.
Tributos:	Comprende el coste de la licencia fiscal, los cánones y arbitrios municipales, y cualquier impuesto directamente imputable al proceso.

¹⁶⁶ No hemos incluido las indemnizaciones, importes entregados con el objeto de resarcir al personal de daños o perjuicios, debido a su carácter extraordinario (Buendía, 1996).

Amortización técnica:	Registra con vista a su reposición, la depreciación sufrida por el inmovilizado material o inmaterial, durante el período objeto de estudio.
Costes generales:	Como alquileres, primas de seguros de responsabilidad civil, transportes, viajes, suscripciones a revistas, teléfono y otras comunicaciones, publicidad y propaganda, relaciones públicas, costes sociales, ...

Entre esta relación de costes habrán algunos *directos*, entendiendo como tales aquellos para los que se puede establecer una conexión en línea entre recurso y actividad, y otros *indirectos* cuando los costes afectan a más de una actividad indistintamente. En este último caso habrá que buscar unas claves de reparto que permitan distribuir, de forma lógica, estos costes indirectos entre las distintas actividades.

Por otro lado resulta fundamental distinguir, además, entre costes fijos y variables teniendo en cuenta que la variabilidad o no de los recursos se debe establecer “*en función del destino de los mismos y no del output*” (Machado, 2004:21). En base a esta afirmación los factores consumidos por el proceso se considerarán fijos o variables a las actividades según varíen o no en relación con la ejecución de dichas actividades.

Por lo tanto, la naturaleza del coste (directo, indirecto, fijo o variable) no se puede establecer de antemano sino que se hará en función de la relación que se establezca con las distintas actividades, ya sean principales o auxiliares.

3.2.4. Fase 4: Desarrollo de un sistema lógico de asociación entre recursos/actividades y actividades/productos

Como resultado de la ejecución de las tres fases anteriores se habrán conseguido identificar las distintas actividades y tareas que se realizan en el proceso objeto de estudio y, además, reconocer los diversos elementos de coste necesarios para completar las operaciones de producción.

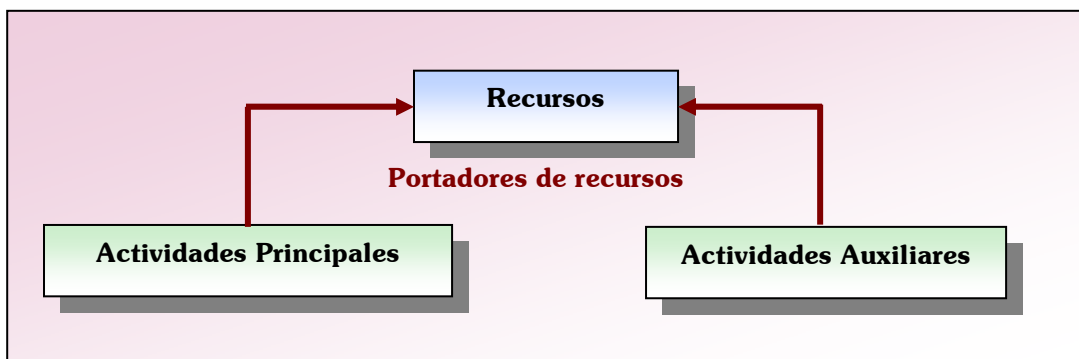
Llegados a este punto se nos plantea el difícil reto de diseñar un sistema lógico de asociación entre recursos y actividades por un lado, y entre actividades y productos, por otro.

Partimos de la base de que para poder obtener un determinado producto o servicio se deben realizar una serie de actividades que, a su vez consumirán recursos.

Respetando este orden lógico en el funcionamiento de la empresa, a nivel de contabilidad interna, trataremos primero de llevar a cada actividad los recursos que necesita para ejecutar su función, y en las cantidades requeridas, para luego situarnos en los productos que serán los encargados de consumir dichas actividades.

Para conectar cada actividad con los recursos necesarios utilizaremos lo que Álvarez-Dardet (1993:186) denomina “portadores de recursos”.

FIGURA 3.5
ASOCIACIÓN ENTRE RECURSOS Y ACTIVIDADES.



FUENTE: Elaboración propia.

En el *Cuadro 3.1* adjunto tratamos de sugerir, a modo de ejemplo, portadores de recursos para algunos de los elementos de costes identificados en el apartado anterior.

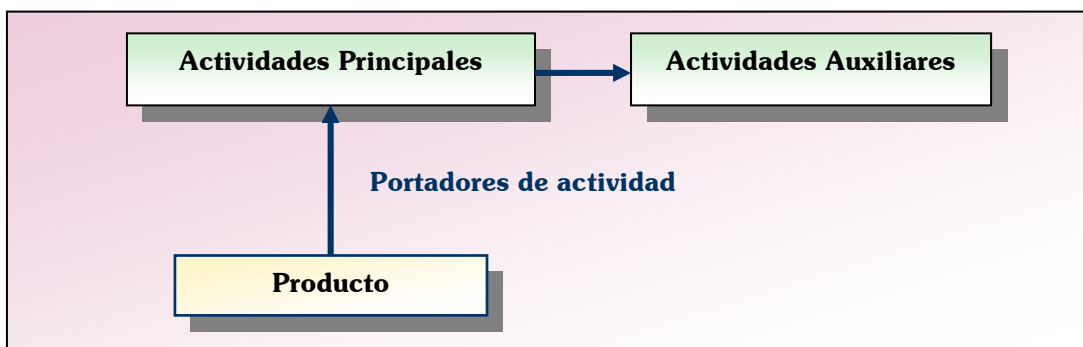
CUADRO 3.1
RELACIÓN DE COSTES Y PORTADORES DE RECURSOS

Elementos de Coste	Portadores de recursos
Mano de obra	Nº de horas de trabajo
Energía	Kilovatios
Productos de tratamiento	Kilogramos o unidades de productos químicos y reactivos
Tributos (canon de vertedero)	Kilogramos o toneladas de desechos generados y llevados al vertedero
Amortización técnica	Cuantificación de la depreciación asociada a la maquinaria que se utiliza
Transporte	Número de viajes realizados, ya sea por el transporte de desechos al vertedero como por la recogida de agua regenerada
Instalaciones	Metros cuadrados

FUENTE: Elaboración propia.

Recordemos que al contrario que las actividades principales, que son directas a los productos, las auxiliares son actividades de apoyo, de ahí que el importe asignado a las actividades auxiliares tenga que ser traspasado a las principales. Para ello utilizaremos, continuando con la nomenclatura de Álvarez-Dardet (1993:186), los llamados *“portadores de actividad”*, que serán los encargados de asignar las cargas asociadas a cada actividad auxiliar con el resto de actividades, y de las principales con los objetivos de coste.

FIGURA 3.6
ASOCIACIÓN ENTRE ACTIVIDADES Y PRODUCTOS

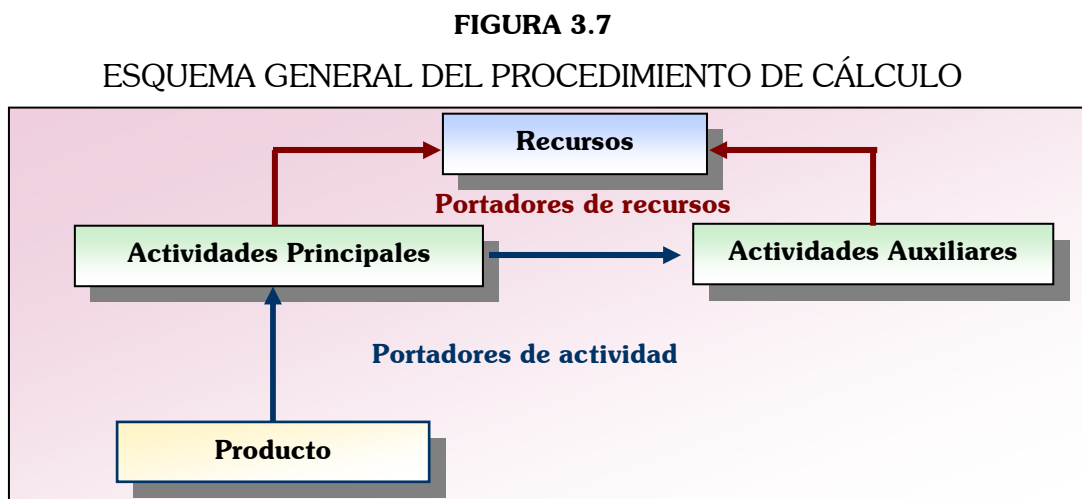


FUENTE: Elaboración propia.

Al final tendremos todos los costes consumidos durante el período objeto de análisis acumulados en las actividades principales, lo que nos permitirá obtener el coste de ejecución de cada una de ellas.

Para calcular el coste de los productos bastará con sumar la parte, medida utilizando los portadores de actividad, que de cada una de estas actividades principales demandan los distintos outputs obtenidos en el proceso.

El procedimiento general de cálculo es el que queda representado en la *Figura 3.7*.



FUENTE: Elaboración Propia.

Las operaciones de distribución de los costes entre los distintos lugares de costes se van a recoger en un documento denominado estadística de coste que, Requena (1993:30), interpreta como un “conjunto de anotaciones y cálculos, encaminadas a facilitar información respecto de la valoración de consumos de factores productivos imputables a un período, distribuidos por lugares y secciones, y/o su comprobación a efecto de control”

En nuestro caso hemos diseñado una ficha (*Figura 3.8*) en la que se incluye toda la información relacionada con cada actividad, así como el conjunto de recursos consumidos por cada una de ellas asociados al período objeto de estudio con sus datos técnicos y económicos.

FIGURA 3.8
FICHA DE CONTROL POR ACTIVIDAD

ACTIVIDAD:				
Descripción de la actividad:				
<input type="checkbox"/> Principal	{	<input type="checkbox"/> Operativa	} Operación de Producción : <i>(sólo en el caso de Actividades Principales):</i>	<input type="checkbox"/> Agua depurada
<input type="checkbox"/> Auxiliar		<input type="checkbox"/> No Operativa		<input type="checkbox"/> Agua regenerada
Portador de la actividad:				
Tareas asociadas:				
Recursos Consumidos	Número de Portadores de Recursos	Coste Unitario por Portador de Recurso	Coste Total	
Actividades Auxiliares	Número de Portadores de la Actividad			
COSTE TOTAL DE LA ACTIVIDAD				
NUMERO DE PORTADORES DE LA ACTIVIDAD				
COSTE UNITARIO POR PORTADOR DE LA ACTIVIDAD				

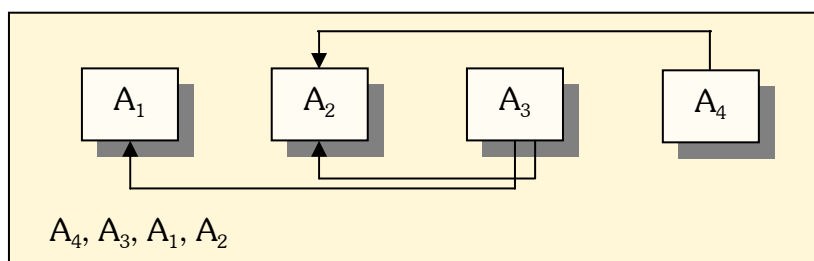
FUENTE: Elaboración Propia.

En esta ficha definiremos cada actividad como principal (operativa o no operativa) o auxiliar, según veíamos en el apartado anterior, mientras que la distinción entre actividades propias o comunes se establecerá en función de la relación de las distintas actividades con las operaciones de producción identificadas.

Para cada actividad habrá que establecer un portador de la actividad que, como ya veíamos, además de facilitarnos una medida de ejecución de cada una de ellas, va a permitir cuantificar la parte de cada actividad auxiliar requerida por las principales.

Debemos tener en cuenta que mientras que las actividades auxiliares demandan solamente recursos, las principales pueden recibir recursos y aportaciones de las propias actividades auxiliares.

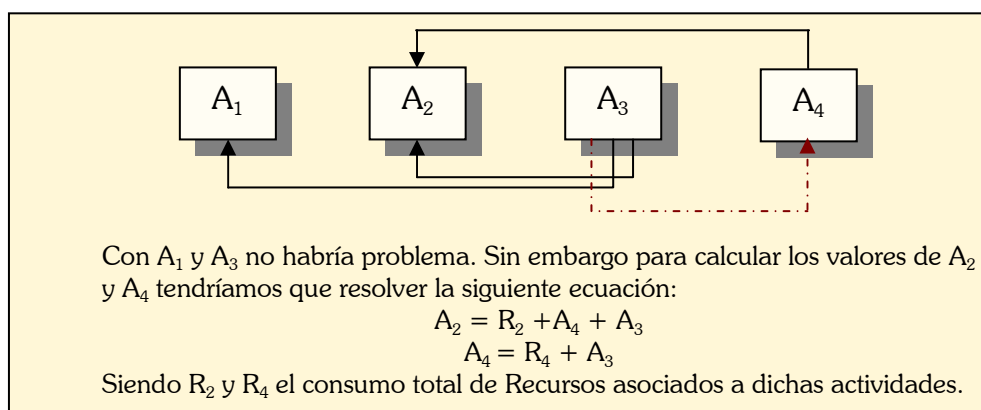
Por lo tanto, en el caso de que existan actividades auxiliares que reciban costes de otras actividades auxiliares se recomienda ordenar el cálculo “en cascada” desde la actividad que menos recibe a la que más.



Si, además, hay alguna sección auxiliar que recibe recursos de otra sección auxiliar y, al mismo, tiempo cede parte de sus costes a otra, también auxiliar, nos enfrentaremos con lo que en la literatura especializada se conoce como *prestaciones recíprocas*¹⁶⁷.

Con el objeto de resolver estos intercambios de recursos sugerimos, de acuerdo con Machado (2004), utilizar un sistema matricial.

Siguiendo con el ejemplo anterior si añadimos una nueva relación, representada con una línea discontinua, tendríamos que:



¹⁶⁷ Machado (2004:20) reconoce que “admitir la existencia de prestaciones entre actividades supone entrar en una complejidad añadida del sistema, siendo quizá este incremento de la complejidad el que ha hecho que se haya prescindido de esta realidad con tanta frecuencia”.

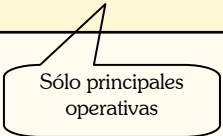
Finalmente, el coste acumulado en aquellas actividades definidas como no operativas no entrarán a formar parte del coste de los productos, al no estar relacionadas con la transformación del producto, en cambio se llevará directamente al resultado del período.

3.2.5. Fase 5: Cálculo del coste de los productos y resultados

Con esta forma de proceder podremos obtener el coste de cada uno de los productos, resultado de las distintas transformaciones productivas, simplemente sumando las cantidades que de cada actividad principal operativa consume cada producto.

Para ello estimamos oportuno diseñar una Ficha de Control para cada producto terminado siguiendo el esquema que se recoge en la figura siguiente.

FIGURA 3.9
FICHA DE CONTROL POR PRODUCTO

PRODUCTO: Descripción del Producto: <input type="checkbox"/> Semiterminado <input type="checkbox"/> Producto Final			
Actividades consumidas	Número de Portadores de la Actividad	Coste Unitario por Portador de la Actividad	Coste Total
 Sólo principales operativas			
COSTE TOTAL DEL PRODUCTO			

FUENTE: Elaboración Propia.

A través de esta ficha se facilitará información sobre la cantidad que, de cada actividad principal, se ha requerido con el fin de obtener los distintos productos identificados.

El análisis de los datos incluidos en esta ficha informará, entre otras cosas, sobre la posible existencia de actividades ociosas, no requeridas por los productos, y que por lo tanto es importante eliminar

En el caso que nos ocupa el coste del Agua Depurada quedaría tal y como se refleja en el cuadro siguiente:

CUADRO 3.2
COSTE DEL AGUA DEPURADA.

	Materia Prima	Coste del Producto Agua Depurada			
		Principales Operativas			Total
Agua Depurada	Ar	Tpr	Tp	Ts	AD = Ar + Tpr + Tp + Ts
Siendo, Ar = Agua residual Tpr = Coste de la Actividad Pretratamiento				Tp = Coste de la Actividad Tratamiento Primario Ts = Coste de la Actividad Tratamiento Secundario AD = Coste total del agua depurada.	

FUENTE: Elaboración propia.

Para facilitar los cálculos, partimos del supuesto de que el agua residual que entra en el proceso (Ar) tiene coste cero.

El coste unitario de un m³ de agua depurada (Cud) será;

$$\text{Cud} = \text{AD} / \text{m}^3 \text{ depurados}$$

Por otro lado el coste del agua para reutilizar se obtendría según aparece en el siguiente cuadro:

CUADRO 3.3
COSTE DEL AGUA PARA REUTILIZAR

	Materia Prima	Coste del Producto Agua Regenerada	
		Principales Operativas	Total
Agua Reutilizada	ADr	Tt	AR= ADr + Tt
Siendo, ADr = Coste total del agua depurada que continúa en el proceso. Tt = Coste de la Actividad Tratamiento Terciario AR = Coste total del agua regenerada.			

FUENTE: Elaboración propia.

La materia prima de esta segunda operación de producción será el agua depurada que continúa en el proceso y su coste se calculará según la expresión siguiente:

$$\mathbf{ADr = Cud * m^3 \text{ de agua que continúan en el proceso}}$$

El coste unitario de un m³ de agua regenerada (Cur) será;

$$\mathbf{Cur = AR / m^3 \text{ regenerados}}$$

Sin embargo, y a pesar del procedimiento de cálculo generalizado que hemos desarrollado en las páginas anteriores, debemos dejar claro que el coste de reutilizar agua depurada dependerá del uso que se quiera hacer de ella, según se observa en Moore *et al.* (1990:241), puesto que la calidad exigida en cada caso será diferente, y consecuentemente, su proceso de producción más o menos complejo.

Observamos a través de esta metodología de cálculo que, en definitiva, la obtención de agua depurada para reutilizar supone un paso más en un proceso que de todas maneras hay que llevar a cabo.

El importe mínimo de este valor añadido que aporta la reutilización (VAR) vendrá dado por la expresión siguiente:

$$\mathbf{VAR = AR - ADr}$$

Por lo tanto, comprobamos que, efectivamente,

$$\mathbf{Valor \text{ del agua regenerada} = Coste \text{ total de producción} + Plusvalía}$$

En definitiva el modelo de costes y de gestión propuesto para un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales nos va a permitir obtener información detallada sobre las distintas actividades y tareas llevadas a cabo,

tanto desde el punto de vista técnico como económico, lo que se traducirá en un mejor control de las distintas transformaciones productivas.

Si queremos tener una información más completa sobre el coste de reutilizar habrá que añadir el importe de las tuberías, depósitos y, en su caso, del bombeo que habría que soportar con el fin de conducir el agua regenerada hasta las áreas de uso, que puede resultar muy distinto según las áreas geográficas que estemos analizando.

De hecho, Mujeriego (1997:435) considera que el éxito de la reutilización de aguas residuales depende, en gran medida, de la *“existencia de una planificación y una infraestructura capaces de generar y distribuir este nuevo recurso por una red de abastecimiento paralela. Una visita a zonas como el condado californiano de Los Ángeles, pone claramente de manifiesto cómo las instituciones municipales y supramunicipales, tanto públicas como privadas, han jugado un papel impulsor de las infraestructuras necesarias para la producción y distribución del agua regenerada, incluso mediante emisiones de deuda pública, y cómo las empresas de servicios, tanto públicas como privadas, garantizan la explotación y el mantenimiento de las instalaciones de regeneración y se encargan de realizar la distribución. Estas compañías distribuidoras de agua, en ciertos casos coincidentes con las responsables del suministro de agua potable ofrecen un producto de segunda calidad, agua regenerada, que se reutiliza de forma bien definida y cotidiana, siguiendo programas de control de calidad rigurosos y a un precio inferior al del agua de abastecimiento tradicional”*.

Una vez planteado, de forma teórica, el procedimiento de cálculo propondremos, en el siguiente apartado, una serie de indicadores que en consonancia con los objetivos estratégicos de este tipo de empresas sirvan de guía en la gestión del proceso.

3.3. CONTROL DE LA GESTIÓN A TRAVÉS DE UN CUADRO DE MANDO INTEGRAL

Un buen sistema de costes debe incorporar una serie de señales o indicadores que hagan levantar una bandera roja en caso de existir desviaciones con respecto a los objetivos establecidos de manera que se pueda corregir, a tiempo, la marcha de la empresa (Sandretto, 1985:111).

A estos requerimientos informativos ya se adelantaban en Francia donde por los años sesenta, se recogía en un documento que se denominó “*Tableau de Bord*” (que traducido literalmente significa tablero de mandos o cuadro de instrumentos) diversos ratios de carácter financiero para el control de la empresa.

Sin embargo, la información que facilitaban estos sistemas de control tradicionales, apoyados exclusivamente en información financiera, resultaban incompletos a la hora de analizar el desempeño empresarial.

Ya Kaplan (1983) adelantaba que las medidas no financieras pueden proporcionar una información más objetiva que la simple información sobre costes, al no estar erosionada su credibilidad por las asignaciones, necesariamente arbitrarias, que impregnan el cálculo de costes.

Lo importante, por lo tanto, “*es establecer un sistema de señales en forma de Cuadro de mando que nos indique la variación de las magnitudes verdaderamente importantes que debemos vigilar para someter a control la gestión*” (López, 2003:100)

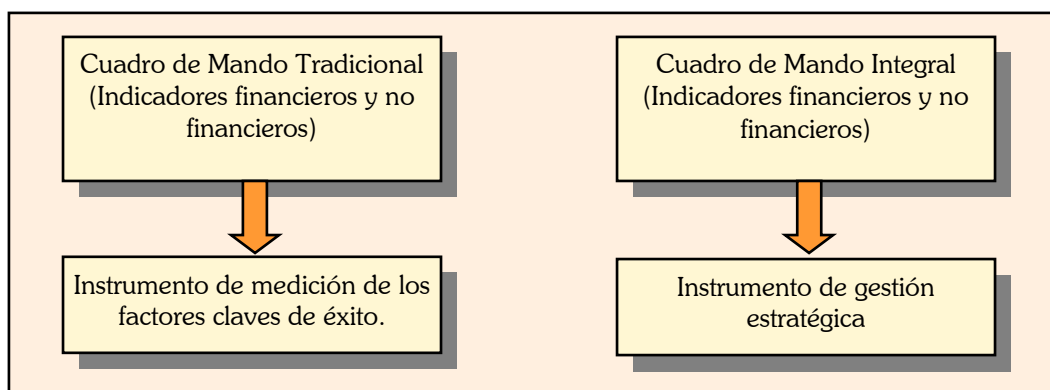
El cuadro de mando tradicional se puede definir como un “*instrumento de medición de los factores clave de éxito de una organización con el objetivo de canalizar gran parte de la información contable que demandan los directivos, a través de indicadores que, en sus orígenes eran sólo financieros y,*

posteriormente, según ha ido evolucionando, incorpora también indicadores no financieros” (Santos e Fidalgo, 2005: 17).

Sin embargo, la mayoría de estos cuadros de mando convencionales no aportan una visión de la organización como conjunto, lo que reduce en gran medida su utilidad como herramienta básica en la gestión estratégica. Básicamente, se configuran como instrumentos de medición de los factores claves de éxito.

Surge de esta forma el Cuadro de Mando Integral¹⁶⁸ (CMI) como una herramienta de gestión que trata de articular la correcta implantación de la estrategia de la empresa a través de indicadores financieros y no financieros.

FIGURA 3.10
CUADRO DE MANDO TRADICIONAL VERSUS CUADRO DE MANDO INTEGRAL



FUENTE: Elaboración propia.

Por lo tanto, el Cuadro de Mando Integral “*consiste en un soporte de información periódica para que la dirección de la empresa sea capaz de tomar las decisiones oportunas en cada momento conociendo además el grado de cumplimiento de los objetivos definidos previamente, todo ello a través de una serie de indicadores de control*” (Alonso, 2004:55).

¹⁶⁸ El origen del Cuadro de Mando Integral (CMI) data de 1990, cuando el Nolan Norton Institute participó en un estudio de múltiples empresas denominado: “La medición de los resultados en la empresa del futuro”, en el que David Norton, actuó como líder del estudio, y Robert Kaplan de Harvard como asesor académico.

Muñiz (2004) justifica la necesidad de implantar cuadros de mando para la toma de decisiones porque, entre otras, hace falta una nueva forma de medir los efectos de las actividades que crean valor y de los resultados.

Marín y Rojas (2003:78) reconocen que el objetivo último de todo sistema de contabilidad de costes debe ser la elaboración de un cuadro de mando donde queden reflejadas *“las magnitudes más relevantes en la realidad de cada empresa”*. Estos autores hablan de Cuadro de Mando en Costes y Resultados como *“herramienta de apoyo para la gestión empresarial y para el proceso de toma de decisiones”*.

Por lo tanto, el Cuadro de Mando Integral se configura como el *“instrumento idóneo capaz de proporcionar un marco, una estructura y un lenguaje, en el proceso de comunicación de la misión y la estrategia”* (Aparisi y Ripoll, 2000: 56).

“La complejidad de la gerencia de una organización requiere que los directivos sean capaces de observar el rendimiento en varias áreas de modo simultáneo” (Kaplan y Norton, 1992:172).

El seguimiento de la actuación de la empresa se ejerce desde cuatro perspectivas:

- ✓ Perspectiva de aprendizaje y crecimiento.
- ✓ Perspectiva de los procesos internos.
- ✓ Perspectiva del cliente.
- ✓ Perspectiva financiera.

“La filosofía del modelo parte de los conceptos de visión y misión y de la hipótesis de la cadena de valor, que empieza en el aprendizaje y crecimiento, y a través de la gestión de unos procesos internos se llega al cliente. Finalmente, por acumulación, estas tres perspectivas derivan unos resultados financieros. Por lo

tanto, el modelo observa los indicadores financieros no como un fin, sino como la consecuencia de unas conductas adoptadas” (Muñiz, 2004: 6).

Kaplan y Norton (1996) establecen la necesidad de particularizar el diseño de los indicadores del modelo en función de las peculiaridades características de cada organización

“Los sistemas de gestión, como cualquier otro sistema, función o actividad de una organización evolucionan en el tiempo. No son algo estable, sino dinámico que, para ser útil, ha de adaptarse a la situación y a las necesidades de la empresa y de su entorno” (Fernández, 2002:11). De hecho está empezando a surgir el Cuadro de Mando Integral Sostenible, como instrumento de medición de los posibles impactos medioambientales en lo que a la gestión de las empresas se refiere.

En definitiva, y siguiendo a López (2003) podemos resumir el contenido mínimo que debe contener todo Cuadro de mando en tres puntos:

- Establecimiento de los factores claves.
- Cuantificación de los factores claves a través de indicadores.
- Control de los factores claves mediante el cálculo de las desviaciones.

Y todo esto desarrollado de forma coherente en función de la estrategia y objetivos concretos establecidos por la empresa.

A través de los siguientes apartados trataremos de adaptar estos contenidos mínimos al caso concreto que analizamos, de forma que podamos obtener medidores más concretos. Como ya hemos visto, las cuatro perspectivas básicas de todo cuadro de mando pueden adaptarse a las necesidades de cada organización, necesidades que pueden provenir de las peculiaridades de la organización o de su sector, o de un lenguaje o cultura que ya ha calado en la organización.

3.3.1. Establecimiento de la estrategia y definición de los objetivos

La elaboración del cuadro de mando integral se inicia con la correcta planificación de los objetivos estratégicos y la adecuada definición de los factores claves que van a marcar las pautas de actuación y control de la empresa a medio y largo plazo. En este apartado trataremos de establecer la estrategia y definir los objetivos concretos que participarán en el éxito de la empresa.

Debemos tener en cuenta que la razón de ser de una empresa que gestiona un proceso como el que analizamos es básicamente social, puesto que sus esfuerzos se centrarán, fundamentalmente, en la calidad y cantidad del efluente, por supuesto evitando cualquier perjuicio de carácter social y al menor coste posible.

Por lo tanto, vamos a tratar de adaptar las cuatro perspectivas que sirven de base al desarrollo de un cuadro de mando integral al caso concreto que analizamos, planteando objetivos concretos para cada una de ellas.

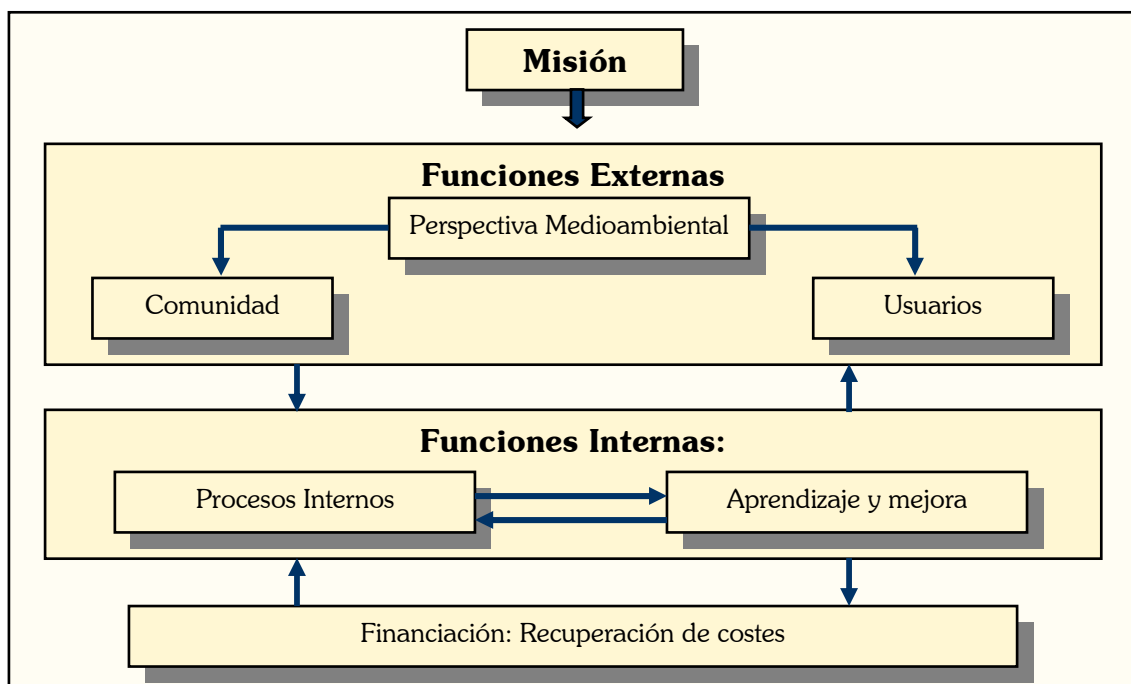
- ✓ Perspectiva de aprendizaje y crecimiento: Dentro de esta área vamos a centrarnos en el estudio de los avances, tanto en infraestructura como tecnológicos, que va incorporando la EDAR con el fin de asegurar un nivel óptimo de mejora.
- ✓ Perspectiva de los procesos internos: Es preciso destacar la importancia que reviste el control de la calidad de la materia prima como del grado de calidad que se pretende incorporar al producto. En este punto trataremos de establecer la medida de la excelencia en las distintas fases del proceso de transformación de la materia prima.
- ✓ Perspectiva del cliente: Bastidas y Feliu (2003) identifican tres bloques paralelos dentro de esta perspectiva, cuando se refieren al diseño de un cuadro de mando para empresas de carácter público: Usuario, Comunidad y Medioambiente. En este caso nos parece adecuado

distinguir entre estos tres niveles, teniendo en cuenta la misión principal de la empresa.

- ✓ Perspectiva financiera: En empresas públicas o de filosofía pública la estrategia dentro del ámbito financiero podríamos decir que se reduce a crear instrumentos financieros capaces de sostener el ejercicio de la actividad con el consiguiente despliegue de indicadores que permitan medir el grado de alcance de este objetivo.

La representación del modelo de cuadro de mando integral sugerido para las empresas que gestionan un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales quedará de la siguiente forma:

FIGURA 3.11
MODELO DE CUADRO DE MANDO INTEGRAL



FUENTE: Elaboración propia.

Distinguiremos entre funciones externas, que incluirán variables que relacionan a la empresa con el exterior, e internas, que se encargarán de controlar el desarrollo de la actividad en el propio proceso.

3.3.2. Cuantificación de los factores clave a través de indicadores

Para López (2003:103) los cuadros de mando deben *“procurar, mediante un lenguaje claro y ameno, proporcionar las pautas de comportamiento que ha de seguir la organización para la consecución de sus planes operativos”*.

Con esta intención vamos a tratar de establecer, en este apartado, los factores clave de éxito¹⁶⁹ para cada una de las perspectivas identificadas en el punto anterior y su medición a través de indicadores¹⁷⁰.

Los indicadores de gestión seleccionados para el control de una determinada actividad deben ser lo más universal posible, con el objeto de facilitar las comparaciones entre servicios realizados por distintas empresas y, además, progresivo, de manera que las plantas depuradoras más pequeñas utilicen los indicadores más adecuados a su tamaño y vayan incorporando medidas en función de su grado de desarrollo.

El sistema de indicadores es un elemento de información básico en los cuadros de mando, puesto que nos va a permitir medir el comportamiento de los factores clave. Estos indicadores serán los encargados de sintetizar toda la información disponible, tanto de manera cuantitativa como cualitativa, con el objeto de alimentar una toma de decisiones eficaz¹⁷¹.

Los indicadores de gestión, en definitiva, son ratios que relacionan magnitudes básicas del sistema estudiado. El objetivo final a la hora de definir un conjunto de indicadores de gestión es conseguir una referencia fija que permita realizar comparaciones, tanto internas como externas.

¹⁶⁹ Un factor clave viene a ser un *“aspecto o característica teórica que se considera relevante para el éxito de la empresa”* (González-Úbeda y Amat, 2002:35).

¹⁷⁰ Fernández y Miñambres (2001) hacen una propuesta de indicadores financieros y no financieros para gestionar la calidad de las empresas que prestan servicios relacionados con el abastecimiento y saneamiento de aguas residuales.

¹⁷¹ Aplicando el modelo de costes propuesto podemos conocer el coste de las actividades y los portadores de recursos de cada actividad. Por ejemplo si la actividad *“tratamiento de los vertidos en la depuradora”* tiene un coste muy elevado y vemos que un inductor importante es la cantidad de metales pesados se podría aplicar una tecnología para retirar los metales antes de realizar el vertido.

La selección del conjunto de indicadores adaptados a los objetivos estratégicos previamente establecidos constituye un proceso laborioso, ya que el indicador ha de recoger con precisión el contenido del objetivo buscando la relación de causa-efecto entre ambos. Los indicadores, además de medir los resultados obtenidos, deben servir como herramienta a la hora de detectar las causas de las ineficiencias y colaborar en la resolución de los problemas.

A nivel general y a la hora de establecer una serie de indicadores capaces de medir la gestión de un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales vamos a tratar de hacerlo, en base a las perspectivas que hemos definido en la *Figura 3.11*, y dentro de dos de las tres áreas fundamentales que Cabrera *et al.* (1998) identifican para el abastecimiento de agua: rendimiento y calidad.

3.3.2.1. Perspectiva medioambiental, comunidad y usuario

A través de los indicadores asociados a la perspectiva de medioambiente, comunidad y usuario trataremos de medir las repercusiones que sobre estos tres agentes tiene la ejecución de un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales.

Perspectiva medioambiental, comunidad y usuarios:	
Factor Clave	Definición del Factor Clave
Calidad	Calidad del efluente, tanto del agua depurada como regenerada.
Rendimiento	Grado de aprovechamiento del agua depurada.
Generación de residuos	Cantidad de residuos obtenidos y aprovechamiento posterior.
Externalidades negativas	Generación de olores, gas,...
Aceptación social	Medida de los esfuerzos dedicados a mejorar la percepción social de un proceso de estas características.

En lo que se refiere a la calidad distinguiremos entre; indicadores de calidad para el agua depurada e indicadores de calidad para el agua regenerada.

Las medidas del nivel de calidad en lo que respecta al agua regenerada serán muchos más exigentes en relación con el agua depurada.

Concretamente, en el caso del agua regenerada se incluirán, fundamentalmente, parámetros de potabilidad y de aptitud para el uso posterior que se le vaya a dar al agua, en nuestro caso concreto hemos seleccionado los indicadores suponiendo un uso agrícola, incluyendo en el siguiente cuadro los que se consideran como esenciales.

Calidad agua depurada
DBO, mg O ₂ en cada litro analizado de agua depurada
DQO, mg O ₂ en cada litro analizado de agua depurada de sal
M.E.S., mg en cada litro analizado de agua depurada
Turbidez, unidades de turbidez en cada litro analizado de agua depurada
Calidad agua regenerada
Carbonatos, mg. en cada litro analizado de agua regenerada
Bicarbonatos, mg. en cada litro analizado de agua regenerada
Cloruros, mg. en cada litro analizado de agua regenerada
Calcio, mg. en cada litro analizado de agua regenerada
Magnesio, mg. en cada litro analizado de agua regenerada
Sodio, mg. en cada litro analizado de agua regenerada
Boro, mg. en cada litro analizado de agua regenerada
Conductividad ¹⁷²
Coliformes en cada 100 litros de agua regenerada ¹⁷³

Los indicadores siguientes, que hemos denominado de rendimiento, nos van a dar información sobre la capacidad global de la estación depuradora.

¹⁷² El grado de conductividad del agua es fundamental para el uso agrícola puesto que nos va a indicar la cantidad de sales que contiene el agua.

¹⁷³ Es el más habitual en lo que respecta al estudio de la parte bacteriológica.

Rendimiento
Metros cúbicos de agua regenerada / Metros cúbicos de agua depurada
Metros cúbicos reutilizados / Metros cúbicos regenerados
Metros cúbicos depurados / Metros cúbicos facturados
Metros cúbicos regenerados / Metros cúbicos facturados

También los que se refieren a la generación de residuos estarán íntimamente relacionados con la calidad y el propio rendimiento de la planta depuradora.

Generación de residuos
Kilogramos de detritus obtenidos en el período
Kilogramos de arenas obtenidas en el período
Kilogramos de grasas obtenidas en el período
Kilogramos de fangos brutos obtenidos en el período
Kilogramos de fangos secos obtenidos en el período
Kilogramos de fangos aprovechados / Kilogramos de fangos obtenidos

Es obvio que la instalación de una planta depuradora suele ser motivo de disputa, sobre todo entre los ciudadanos, básicamente por los malos olores que se desprenden del propio proceso. Una forma de medir la buena o mala acogida por parte de los ciudadanos es a través del número de reclamaciones que recibe el Departamento de Administración y que va a servir para analizar la percepción que tiene una determinada ciudad sobre la existencia de la EDAR.

Externalidades negativas
Número de reclamaciones por período
Aceptación social
Número de visitas recibidas
Campañas realizadas

3.3.2.2. Perspectiva de proceso interno

Dentro del grupo de funciones internas los indicadores de proceso internos irán dirigidos a regular la gestión del proceso de transformación en sí y nos van a indicar unas pautas óptimas de actuación que guíen la gestión de la EDAR de forma eficaz.

En este caso trataremos de aportar medidas que ayuden a corregir y mejorar la ejecución de las distintas actividades que se desarrollan dentro del propio proceso de tratamiento del agua residual.

Perspectiva de Procesos Internos:	
Factor Clave	Definición del Factor Clave
Afinamiento de las actividades	Eficacia de cada proceso en la eliminación de elementos no deseables.
Grado de aprovechamiento de los recursos	Nivel de uso óptimo de cada uno de los factores utilizados en el proceso productivo.

Afinamiento de los procesos:
Sólidos eliminados en kilogramos / Litros de agua tratada
Arenas y gGrasas eliminadas en kilogramos / Litros de agua tratada
Parámetros de calidad / Litros de agua tratada
Kilogramos de fangos obtenidos / Litros de agua tratada
Cantidad de residuos transportado al vertedero o bien número de viajes
Número de análisis / 1.000 m ³ de agua tratada
Número de análisis por actividad / Período

Estos indicadores nos informarán sobre el porcentaje de materia orgánica, tanto en suspensión (sólidos, arenas y grasas) como disuelta, que se consigue eliminar en cada actividad. Se utilizará cada uno de ellos según la fase del proceso que estemos analizando.

Concretamente, y con la intención de valorar el control analítico sugerimos un indicador que medirá el número de análisis llevados a cabo por

cada 1.000 m³ de agua tratada, o bien número de análisis hechos durante un período determinado y en un proceso concreto.

Dentro de los indicadores relacionados con el **grado de aprovechamiento** de los recursos podemos distinguir:

Equipos:
Suspensiones no programadas (en horas) / Horas de funcionamiento

Este indicador se calculará para cada uno de los equipos del proceso y nos va a ayudar a detectar si existe algún inmovilizado cuyo grado de funcionamiento no coincide con el esperado.

Energía eléctrica:
Kilovatios consumidos en cada actividad / Consumo total de energía en kilovatios
Kilovatios consumidos por cada máquina / Consumo total de energía en kilovatios por actividad
Kilovatios propios generados / Consumo total de energía en kilovatios

El consumo de energía eléctrica es una de las grandes partidas en cualquier proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, por lo tanto, un control adecuado del consumo de energía por proceso, e incluso por inmovilizado, nos va a permitir averiguar si existe alguna máquina que está consumiendo más electricidad de la esperada.

Si el proceso consigue, a través de la digestión de los fangos, generar energía y aprovecharla para su uso interno, podríamos añadir un tercer ratio, que al contrario del anterior, nos mediría la cantidad de kilovatios que estamos consiguiendo ahorrar con la cogeneración.

Productos de tratamiento:
Cantidad de productos de tratamiento consumidos / Litros de agua tratada

Prácticamente de uso exclusivo en el Tratamiento Terciario nos parece conveniente incluir un indicador que medirá la cantidad los kilogramos de productos de tratamiento consumidos en función del agua tratada.

Personal:
Número de horas asignadas a cada tarea

Por último, un control del número de horas asignadas a cada tarea nos va a servir para medir el nivel de ejecución de cada actividad desde el punto de vista del personal.

El cálculo de estos indicadores nos va a dar una visión general de la marcha del proceso y, también, una descripción detallada del desempeño de cada actividad, según el cuadro que se incluye a continuación:

CUADRO 3.4
MEDIDA DEL DESEMPEÑO DE CADA ACTIVIDAD

INDICADORES	Afinamiento de los Procesos							Grado de aprovechamiento de los recursos					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACTIVIDADES													
Pretratamiento													
T. Primario													
T. Secundario													
T. Terciario													
T. Fangos													
Gas													
Cogeneración													
Desodorización													
Gestión de residuos													
Control analítico													
Administración													

Afinamiento de las actividades:	
1	Sólidos eliminados en kilogramos / Litros de agua tratada
2	Arenas y Grasas eliminadas en kilogramos / Litros de agua tratada
3	Parámetros de calidad / Litros de agua tratada
4	Kilogramos de Fangos obtenidos / Litros de agua tratada
5	Cantidad de residuos transportado al vertedero o bien número de viajes
6	Número de análisis / 1.000 m ³ de agua tratada
7	Número de análisis por actividad / Período
Grado de aprovechamiento de los recursos:	
8	Suspensiones no programadas (en horas) / Horas de funcionamiento
9	Kilovatios consumidos en cada actividad / Consumo total de energía en kilovatios
10	Kilovatios consumidos por cada máquina / Consumo total de energía en kilovatios por actividad
11	Kilovatios propios generados / Consumo total de energía en kilovatios
12	Cantidad de Productos de tratamiento consumidos / Litros de agua tratada
13	Número de horas asignadas a cada tarea

FUENTE: Elaboración propia.

3.3.2.3. Perspectiva de mejora y aprendizaje

Ya hemos reflexionado, a lo largo de este trabajo, sobre la importancia que tiene el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales dentro una gestión óptima del ciclo hidrológico, de ahí que resulte necesario incorporar medidas que ayuden a dar una visión sobre el compromiso asumido por la empresa gestora con respecto a la incorporación de nuevas tecnologías, formación del personal, proyectos de investigación y desarrollo,...

Perspectiva de mejora y aprendizaje:	
Factor Clave	Definición del Factor Clave
Incorporación de nuevas tecnologías	Inversión en nuevas tecnologías de tratamiento de agua residual y regenerada.
Formación y especialización	Nivel de esfuerzo en formación y especialización del personal.
Investigación y desarrollo	Proyectos de investigación en los que se participa o que se desarrollan.

Incorporación de nuevas tecnologías
Relación y descripción de las nuevas tecnologías incorporadas
Formación y especialización
Número de cursos organizados de formación y especialización para el personal
Número de empleados que han asistido a los cursos y su categoría
Investigación y desarrollo
Número de proyectos de investigación en los que participa
Inversión económica en proyectos de investigación y desarrollo

3.3.2.4. Perspectiva financiera

En consonancia con la sugerencia que hace la Directiva Marco del Agua sobre la necesidad de diseñar sistemas de autofinanciación capaces de sostener las actividades de naturaleza hidrológica planteamos una serie de indicadores de carácter financiero.

Perspectiva financiera:	
Factor Clave	Definición del Factor Clave
Costes por actividad	Costes por actividad para un período determinado.
Costes por recurso	Costes por recurso consumido para un período determinado
Recuperación de costes	Costes recuperados bien por medio de la venta del agua regenerada como por el cobro de la tasa de saneamiento.

Sin embargo todo lo que se refiere a la perspectiva financiera del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales lo analizaremos con mayor profundidad en el Capítulo 4, por lo que, con el fin de no resultar demasiado redundantes, consideramos más adecuado dejar el análisis de este aspecto para el último capítulo.

Por último, queremos dejar constancia, a través de las siguientes líneas, de la importancia que tiene un buen análisis y control de desviaciones, puesto que un sistema de indicadores no tiene sentido si no se establece, para cada indicador, un valor estándar que marque los límites de lo considerado como óptimo.

3.3.3. Cálculo y análisis de las desviaciones

En cada uno de los ámbitos objeto de control será preciso definir los estándares relativos a los consumos de los diferentes factores productivos según su participación en los procesos.

Un buen sistema de control parte de la correcta definición de los presupuestos y estándares vinculados a cada una de las magnitudes previamente establecidas como variables objeto de control específico.

La recogida de la información ha de llevarse a cabo de forma rápida, sencilla y en tiempo oportuno de modo que el análisis de las desviaciones y sus causas, así como las posibles acciones correctoras subsiguientes puedan desplegarse de forma eficaz.

En resumen, un sistema integrado de control ha de tomar en consideración las siguientes fases (Rodríguez, 2003:177):

- ✓ Definición de las variables objeto de análisis en cada área (factores clave).
- ✓ Cuantificación de las variables.
- ✓ Comparación de los valores reales obtenidos con las previsiones y objetivos.
- ✓ Análisis de las causas de las desviaciones.
- ✓ Solución de las desviaciones.

Una vez expuesto todo el fundamento teórico del modelo propuesto dedicaremos el siguiente apartado a simular la implantación del modelo de costes y de gestión propuesto a un caso específico.

3.4. APLICACIÓN EMPÍRICA DEL MODELO DE CÁLCULO DE COSTES Y GESTIÓN PROPUESTO

Con el fin de ordenar el proceso de simulación seguiremos la misma secuencia que hemos utilizado para desarrollar el modelo HPC (Hybrid Process Costing) planteado:

- Fase 1: Identificación, clasificación y descripción de los outputs.
- Fase 2: Definición de las operaciones de producción y de las actividades.
- Fase 3: Relación de recursos y consumo por actividad.
- Fase 4: Conexión de recursos y outputs a través de actividades.
- Fase 5: Determinación de los costes y análisis de resultados.

Con el fin de estimar el comportamiento del sistema bajo diferentes situaciones se ha diseñado y confeccionado un programa informático adaptado a nuestro caso concreto de estudio al que dedicaremos unas líneas en el apartado siguiente.

3.4.1. Presentación de la aplicación de simulación (GECO)

Tal y como hemos comentado con el fin de aplicar el modelo de cálculo de costes y de gestión propuesto al proceso de depuración y reutilización de aguas residuales objeto de estudio hemos diseñado y confeccionado una aplicación informática (GECO) que nos ha servido como herramienta de simulación y como depurador del propio modelo.

Como se pretendía mantener una base de datos que recogiese la información relevante para la implantación y realización de los cálculos de coste, y dado que no se requería de ningún gestor de bases de datos sofisticado (todo el conjunto de consultas a la base de datos son muy simples y, por consiguiente, económicas en tiempo de procesamiento), se optó por la utilización de Microsoft Access.

Por otro lado, y según hemos comentado en párrafos anteriores, el uso de un sistema matricial para resolver el intercambio de recursos entre las propias actividades auxiliares y principales nos exigía disponer de una herramienta que posibilitase tales cálculos, sin tener que programar ningún algoritmo que hiciese lo mismo con el consiguiente gasto de tiempo.

Por esta razón se optó por emplear el Microsoft Excel como herramienta de cálculo, no a través de su interfaz gráfico, sino a través del conjunto de objetos que proporciona y que fueron utilizados mediante VBA (Visual Basic for Application).

En conjunto, estas dos herramientas forman una pareja que, con el fin de simular la implantación del modelo de costes propuesto a un caso real, resultan suficientemente válidas y eficaces para la consecución de nuestro objetivo.

GECO mantiene la filosofía de cálculo de costes propuesta a lo largo de este Capítulo y está preparado para trabajar con datos estimados y reales, con la intención de facilitar la adopción de medidas correctoras frente a posibles desviaciones con respecto a los objetivos preestablecidos.

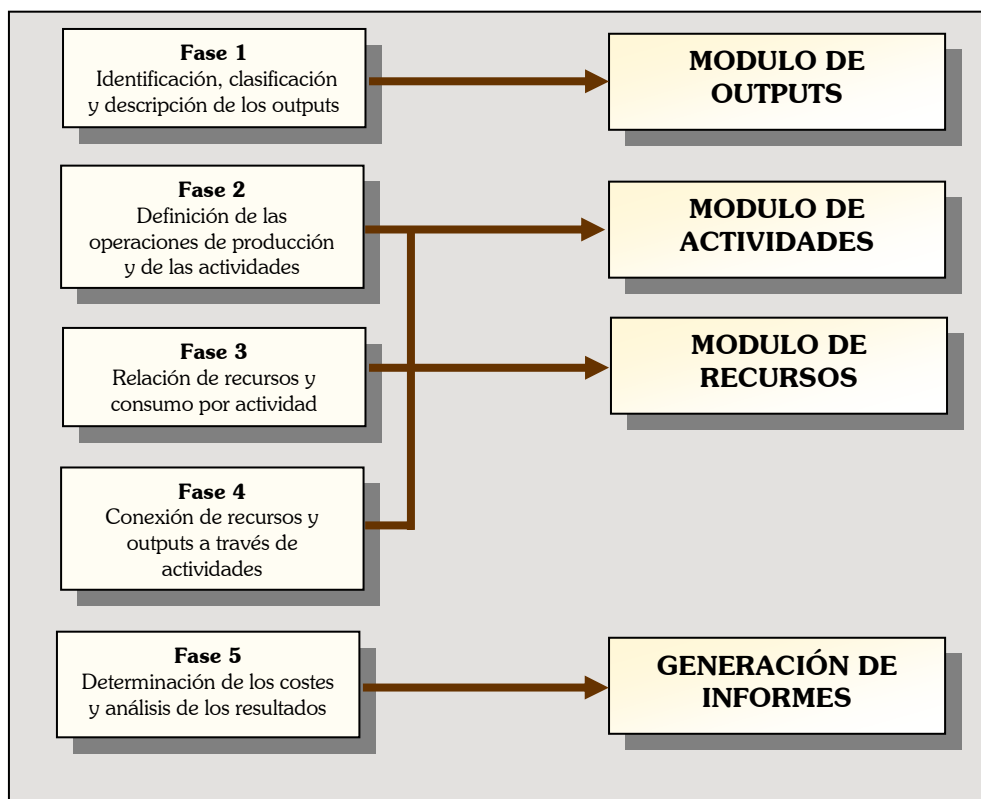
A grandes rasgos, el esquema de funcionamiento de GECO coincide con el que Podmoguilnye (2005) ha generalizado después de analizar distintas alternativas de software para el desarrollo de modelos HPC.

A los tres grandes bloques identificados por este autor, nosotros hemos añadido el último Módulo de Generación de Informes.

- ❑ Módulo de Outputs
- ❑ Módulo de Actividades
- ❑ Módulo de Recursos
- ❑ Módulo de Generación de Informes

A través de estos módulos se completan todas las etapas que enumerábamos en el apartado anterior, según el esquema que se incluye a continuación:

FIGURA 3.12
RELACIÓN ENTRE FASES Y MÓDULOS



FUENTE: Elaboración propia.

Antes de empezar con el desarrollo de la secuencia de etapas que vamos a seguir con el fin de cubrir los objetivos informativos ya especificados, creemos conveniente dedicar el primer punto de este apartado a establecer el caudal de agua que vamos a utilizar como base para hacer nuestras estimaciones.

3.4.2. Determinación del caudal a tratar

Uno de los parámetros más importantes, sino el principal, a la hora tanto de elegir el sistema de depuración a utilizar así como su dimensionamiento es el conocimiento del caudal a tratar, es decir el volumen de agua residual por unidad de tiempo que va a entrar en la EDAR.

En el cálculo de los caudales tiene gran importancia el tipo de agua a evacuar, fundamentalmente aguas domésticas e industriales, y la infraestructura de saneamiento existente.

En este sentido, tendremos que distinguir entre sistemas separativos si se transportan, independientemente, aguas negras y pluviales, y unitario si se hace de forma conjunta.

En nuestro caso las aguas a tratar son, básicamente, de naturaleza doméstica, puesto que el nivel de industrias en la isla de Tenerife es muy escaso, siendo evacuadas a través de un sistema de transporte unitario, que recoge indistintamente aguas negras y pluviales.

Vamos a trabajar con importes medios anuales sobre los cuales fijaremos los estándares que van a ayudar en la gestión óptima de la planta. Para ello, y basándonos en la única información desglosada que poseemos, la que se refiere al año 2001, estableceremos los caudales medios de agua a tratar en un año en dicha planta depuradora, entendiendo que el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales es más o menos constante de un año a otro, puesto que no depende tanto de factores aleatorios como las precipitaciones y las temperaturas.

CUADRO 3.5

CAUDAL TRATADO EN LA EDARSC, DURANTE EL AÑO 2001

ENTRADA	Metros cúbicos
Los Llanos	7.829.670
Buenos Aires	6.269.550
TOTAL TRATADO	14.099.220

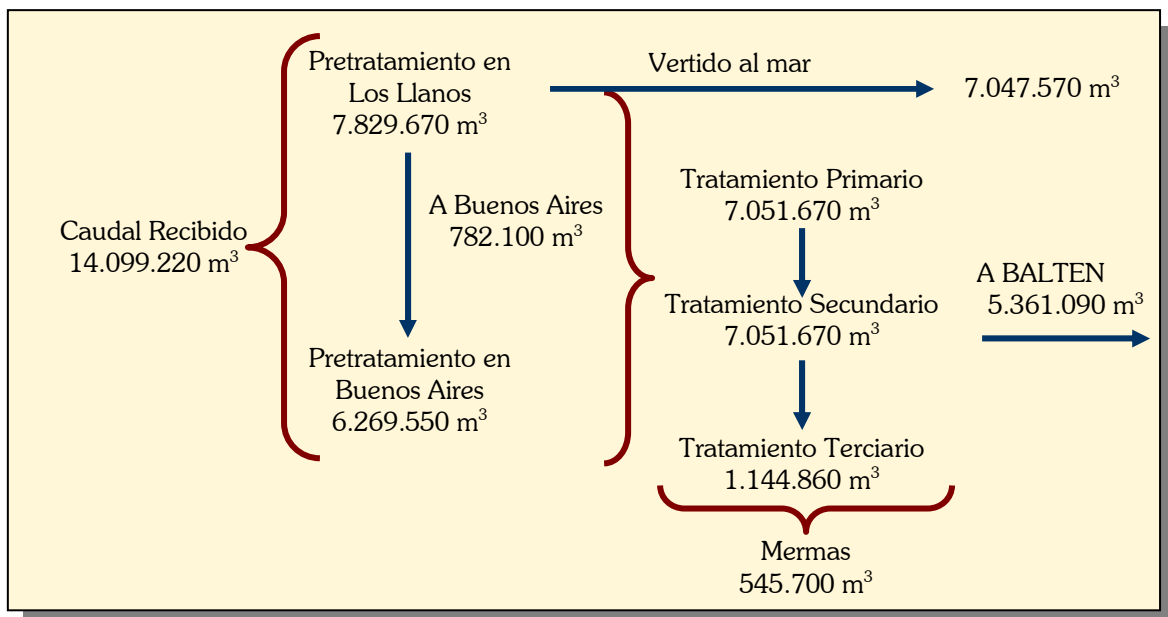
FUENTE: Elaboración propia según información facilitada por EMMASA.

De los 7.829.670 m³ que entraron en Los Llanos durante el año 2001, 7.047.570 m³ se vertieron al mar y el resto (782.100 m³) se bombeó a Buenos Aires. La cantidad que figura como recibida en la planta de Buenos Aires (6.269.550 m³) es, únicamente, la que proviene de la zona alta de la ciudad, sin incluir la que se envía de Los Llanos.

Al final y durante este período de 2001 se trataron en la EDAR de Santa Cruz de Tenerife 14.099.220 m³ de agua residual, que vendría a darnos una media por día de 39.164 m³. En resumen, del total de agua recibida en ambas plantas depuradoras durante el año 2001, el destino de dicho caudal ha sido el que figura en la *Figura 3.13*.

FIGURA 3.13

DETALLE DE CAUDAL TRATADO EN LA EDARSC, AÑO 2001



FUENTE: Elaboración propia según información facilitada por EMMASA.

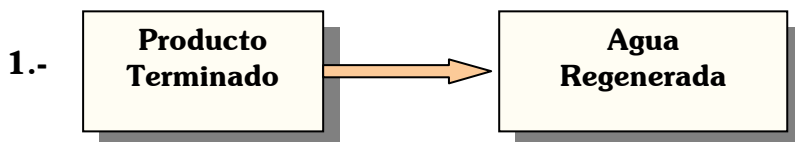
De estos datos podríamos deducir que, por término medio, entran en la EDAR de Santa Cruz de Tenerife, unos 14.000.000 m³ de agua al año, de los cuales se reutilizan 6.600.000 m³, 1.100.000 m³ en el riego de jardines y tareas de limpieza de la ciudad y el resto (5.500.000 m³) para riego agrícola en el Sur de la Isla.

Por lo tanto, haremos nuestras estimaciones suponiendo un volumen de agua tratada, al menos hasta un Tratamiento Secundario, de unos 14.600.000 m³ al año, que vendrían a ser unos 40.000 m³ al día¹⁷⁴.

La simulación de la parte correspondiente al Tratamiento Terciario, que llevaría infiltración sobre arena y electrodiálisis para la desalinización de las aguas residuales, se ha hecho para un caudal de 4.500 m³ al día, unos 1.642.500 m³ al año, puesto que sólo se ha podido contar con información referida a este volumen, no habiendo sido posible extrapolar costes si tenemos en cuenta que la inversión soportada no es proporcional al caudal tratado.

3.4.3. Fase 1: Identificación, clasificación y descripción de los outputs

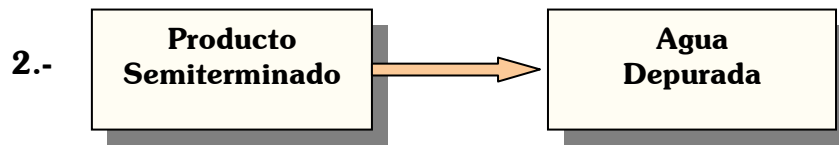
Siguiendo las pautas de racionalidad hídrica que deben guiar toda gestión relacionada con el agua, reconocemos en este proceso los siguientes outputs:



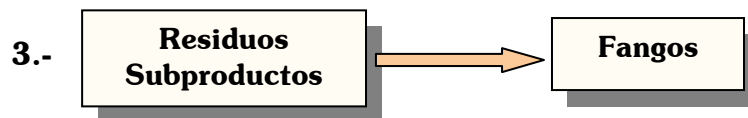
Nos referimos al agua depurada sometida a un tratamiento terciario, y que resulta apta para volver a ser usada. Recordando la sugerencia que hacen Estevan y Naredo (2004:42), a la que ya hacíamos alusión en el Capítulo 1 de

¹⁷⁴ En nuestros cálculos hemos considerado la merma como habitual al proceso, con lo cual este coste será soportado por el propio producto.

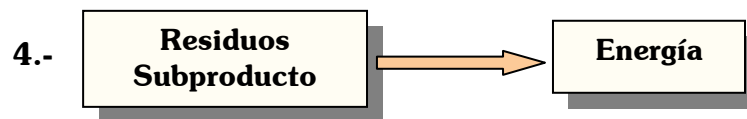
este trabajo, “los efluentes urbanos e industriales no deben considerarse como residuos, sino como recursos destinados a ser regenerados y reutilizados”.



Se trata del agua usada y sometida al tratamiento mínimo exigido por ley para poder ser devuelta al medio sin causar graves problemas. Aunque, actualmente, es el principal propósito de cualquier estación depuradora, nuestro modelo considera al agua depurada como un paso intermedio necesario para alcanzar el objetivo final que es el agua regenerada.



A pesar de que hasta ahora hemos estado hablando de residuos, desde el punto de vista contable el término correcto sería desechos, puesto que el valor intrínseco de estos materiales es nulo. Sin embargo, en nuestro modelo consideraremos a los fangos como residuos, e incluso, siendo más ambiciosos, como potenciales subproductos¹⁷⁵, en virtud del valor añadido que generaría su posible aprovechamiento. En este sentido, resultaría interesante analizar la repercusión que el empleo posterior de los mismos tendría en el cálculo de los costes y la gestión del proceso que analizamos¹⁷⁶.



Por último y mirando algo más hacia el futuro se podría reconocer un cuarto output relacionado con el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales; la energía. Ya hemos comentado que, como resultado del proceso de secado de fango se genera energía que se puede canalizar y utilizar, es lo que se

¹⁷⁵ Recordemos que según el Plan General de Contabilidad se considera residuo a todo aquel material obtenido “inevitablemente y al mismo tiempo que los productos o subproductos, siempre que tengan valor intrínseco y puedan ser utilizados o vendidos”, en cambio un subproducto es aquel que tiene “carácter secundario o accesorio a la fabricación principal”.

¹⁷⁶ Ver Ruiz, González y Fuentes (2003).

conoce con el nombre de cogeneración. Esta energía podría ser consumida como recurso en el propio proceso o incluso convertirse en objeto de negocio.

Toda esta información se recoge a través del Formulario de Alta de Productos por medio del cual se identifican, crean y clasifican los outputs.

FORMULARIO 3.1 ALTA DE PRODUCTOS

FUENTE: Elaboración propia.

3.4.4. Fase 2: Definición de las operaciones de producción y de las actividades

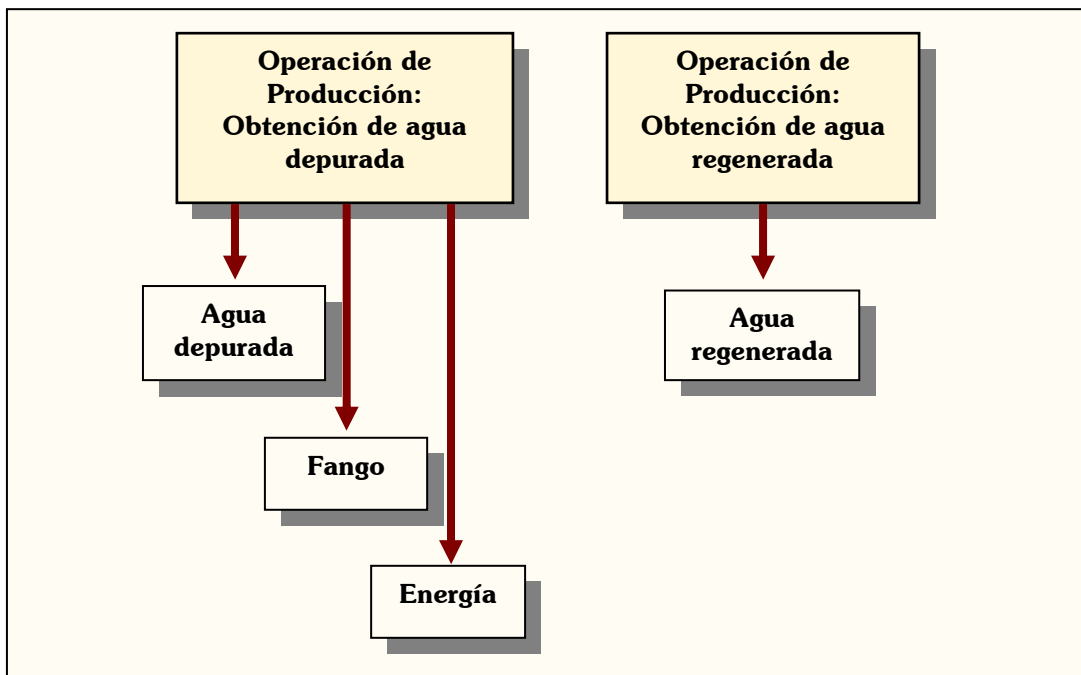
Tal y como ya hemos adelantado partimos de la base de que en un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales se completan dos operaciones de producción distintas:

- ✓ Operación de producción 1: Obtención de agua depurada.

- ✓ Operación de producción 2: Obtención de agua regenerada

Cada uno de los outputs identificados en la Fase 1 es consecuencia de la ejecución de una determinada operación de producción, tal y como se refleja en la *Figura 3.14* que se muestra a continuación:

FIGURA 3.14
RELACIÓN DE LOS OUTPUT OBTENIDOS CON LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN



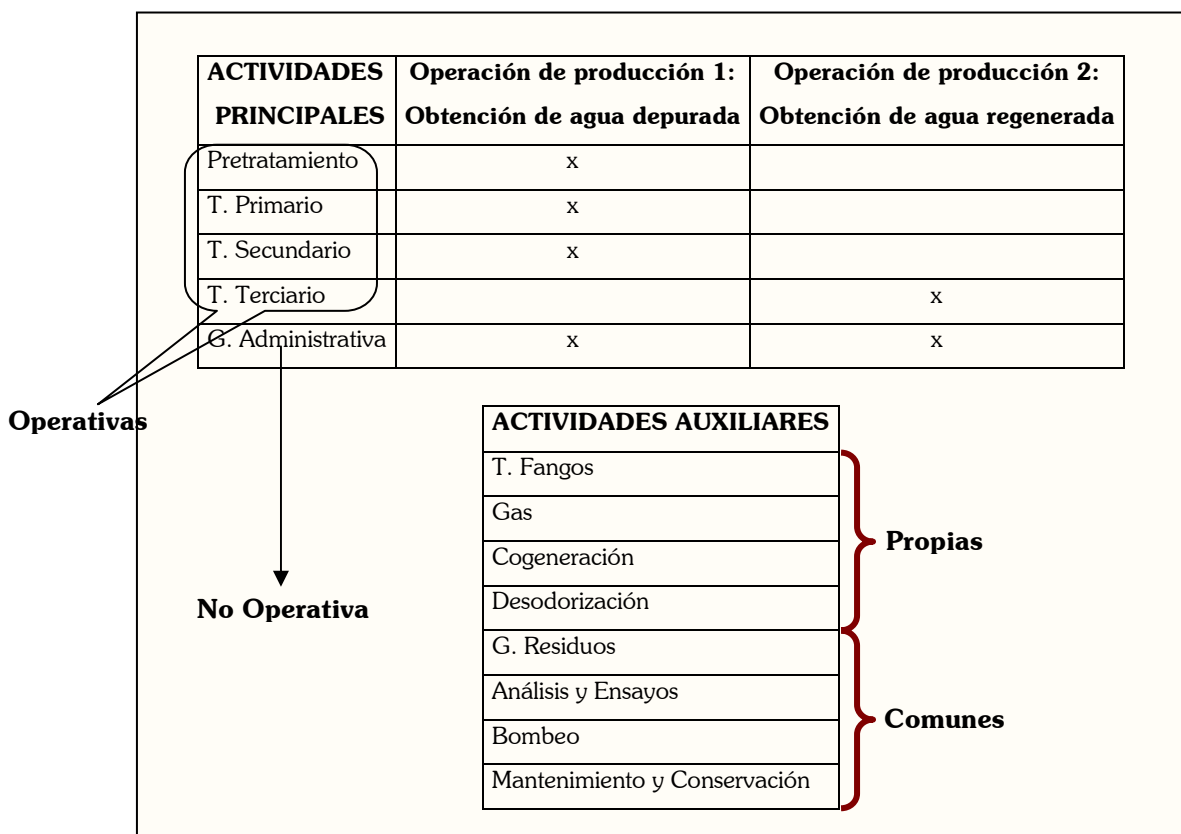
FUENTE: Elaboración propia.

Relacionadas con estas dos transformaciones productivas hemos identificado un total de 13 actividades, de las cuales 5 son principales y 8 auxiliares.

A su vez, del conjunto de actividades principales 3 son propias de la operación de producción “obtención de agua depurada” y 1 directa a la operación de producción “obtención de agua regenerada”, mientras que *gestión administrativa* es común a ambas operaciones.

Las actividades auxiliares al ser consideradas como de apoyo a las principales no tienen conexión directa con las operaciones de producción identificadas.

CUADRO 3.6
RELACIÓN DE ACTIVIDADES



FUENTE: Elaboración propia.

Para dar de alta a las actividades se ha diseñado el *Formulario 3.2* que figura a continuación donde se clasifican las actividades como principales y/o auxiliares y operativas o no operativas (en el caso de las principales), además figura información sobre el proceso al que están asociadas, las tareas relacionadas, portadores de actividades,...

FORMULARIO 3.2 ALTA DE ACTIVIDADES

FUENTE: Elaboración propia.

Como **Anexo 3.1** se incluye el informe facilitado por GECO (Relación de actividades), resumen de los datos generales relacionados con cada actividad.

Para cada una de las actividades identificadas se han sugerido *portadores de actividad* que nos van a permitir, por un lado, medir el desempeño de cada una, y por otro, servir de nexo de unión entre actividades auxiliares y principales.

Por último, el programa está preparado para trabajar tanto con información estimada como real, lo que nos ayudará a detectar si hay alguna actividad que está demandando más o menos recursos de los establecidos.

3.4.5. Fase 3: Relación de recursos y consumo por actividad

En esta tercera fase trataremos de identificar los distintos recursos que la empresa espera consumir con el fin de completar el proceso de transformación del agua residual durante un período de tiempo determinado.

Para ello se ha diseñado un formulario de recursos del cual se incluye una muestra a continuación (*Formulario 3.3*). A través de esta pantalla se pretende recoger la información básica sobre los elementos de costes que se esperan usar.

FORMULARIO 3.3 RELACIÓN DE RECURSOS

	ESTIMADA	REAL
Total Inversión del Recurso:	28.000,00	0,00
Número de Portadores	45.000,00	0,00
Coste Unitario del Portador:	0,62	0,00

FUENTE: Elaboración propia.

Se incluye el portador del recurso establecido para cada tipo de recurso y su importe unitario, calculado en función de la inversión total que la empresa espera soportar para cada elemento de coste durante el período establecido.

Como **Anexo 3.2** a este Capítulo se adjunta el informe que facilita GECO del total de recursos adquiridos por la empresa gestora del servicio de depuración y reutilización de aguas residuales de Santa Cruz de Tenerife, con el fin de poder llevar a cabo este proceso.

Los recursos relacionados se han clasificado en ocho grupos distintos facilitando, de esta forma, el análisis por tipo de elemento:

- Inmovilizado
- Mano de obra
- Productos de tratamiento
- Energía
- Transporte y canon
- Conservación y mantenimiento
- Sociales
- Otros servicios

Para cada recurso se ha establecido un *portador de recurso* con el que se pretende medir el consumo del mismo, lo que nos va permitir descubrir si hay factores de los que se ha requerido menos cantidad de la que se había estimado y, consecuentemente, está generando recursos ociosos.

3.4.5.1. Inmovilizado

No ha sido posible incluir datos concretos relacionados con el coste de adquisición y funcionamiento de los equipos de la EDAR objeto de análisis, de ahí que hayamos tenido que recurrir a estimaciones¹⁷⁷ calculadas para una planta depuradora de características similares a la de Santa Cruz de Tenerife.

¹⁷⁷ Estos datos han sido estimados específicamente para este trabajo por Ondeo Degrémont, S.A. empresa dedicada a la captación, distribución y depuración de aguas residuales.

A la hora de cuantificar los elementos que forman parte del conjunto de inmovilizado se han reconocido cuatro conceptos distintos:

- Obra civil
- Equipos mecánicos
- Equipos eléctricos
- Equipos de control

En el cuadro siguiente se incluye el presupuesto general relacionado con la construcción y puesta en marcha de una planta depuradora con capacidad para tratar un caudal de 40.000 m³ al día hasta un Tratamiento Secundario.

CUADRO 3.7

PRESUPUESTO GENERAL ESTIMADO DE INFRAESTRUCTURA

OBRA CIVIL	Importe (euros)	7.130.000
Movimiento general de tierras	1.400.000	
Obra de llegada y pretratamiento	200.000	
Desarenado y separación de flotantes	115.000	
Decantación primaria	400.000	
Tratamiento biológico	1.500.000	
Decantación secundaria	620.000	
Drenajes, vaciados	420.000	
Espesado y almacenamiento de fangos	125.000	
Digestión de fangos	525.000	
Edificios de control y explotación	975.000	
Urbanización, servicios, cerramiento y otros	850.000	
EQUIPOS ELÉCTRICOS	Importe (euros)	1.485.000
Equipos eléctricos acometida en media tensión (20 kv)	250.000	
Equipos eléctricos	290.000	
Armarios eléctricos en baja tensión	475.000	
Cableado a receptores en baja tensión	350.000	
Instalación de alumbrado, tierras y otros	120.000	

EQUIPOS MECÁNICOS	Importe (euros)	5.865.000
Obra de llegada y elevación de agua bruta	575.000	
Pretratamiento	410.000	
Decantación primaria	425.000	
Tratamiento biológico	1.750.000	
Decantación secundaria	620.000	
Bombeo de fangos	265.000	
Espesamiento de fangos	190.000	
Flotación de fangos	145.000	
Digestión de fangos	280.000	
Deshidratación de fangos	240.000	
Línea de gas	165.000	
Servicios auxiliares	240.000	
Instrumentación	450.000	
Equipos de seguridad, laboratorio y taller	110.000	
EQUIPOS DE CONTROL	Importe (euros)	375.000
Equipos de control	375.000	
TOTAL		14.855.000

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Ondeo Degrémont, S.A.

La parte correspondiente a un Terciario con filtración sobre arena y electrodiálisis para la desalinización¹⁷⁸ de las aguas residuales sería, aproximadamente, de 1.500.000 euros en ejecución material para un caudal de 4.500 m³/día.

El plazo de amortización habitual en el caso de obras públicas es de 50 años¹⁷⁹ mientras que para los equipos electromecánicos se estima una vida útil de 25 años. Teniendo en cuenta estos plazos podríamos estimar el siguiente coste anual de obra civil y equipos:

¹⁷⁸ La baja calidad, en cuanto al exceso de sales (1.500 mg/l) del agua alumbrada en el archipiélago canario en general, obligan a someter al agua depurada a un tratamiento terciario con desalinización con el objeto de que pueda ser reutilizada en la agricultura. Con un proceso terciario con filtración sobre arena y electrodiálisis para desalinización de las aguas residuales se puede llegar a reducir el contenido en sales hasta 400 miligramos por litro. Un litro de agua de mar contiene unos 35.000 miligramos de sales. En las desaladoras este contenido en sales va desde los 200 hasta los 400 miligramos por litro.

¹⁷⁹ Solo en infraestructuras singulares se consideran vida útiles menores, por ejemplo a las plantas desaladoras se les estima una vida útil de 10 a 15 años.

CUADRO 3.8Datos hasta un
Tratamiento Secundario**ESTIMACIÓN DEL COSTE ANUAL DE INMOVILIZADO**

DESCRIPCIÓN	IMPORTE TOTAL (€)	Vida útil (años)	COSTE ANUAL (€)
Obra Civil	7.130.000	50	142.600
Equipos Mecánicos	5.865.000	25	234.600
Equipos Eléctricos	1.485.000	25	59.400
Equipos de Control	375.000	25	15.000
Terciario	1.500.000	25	60.000
TOTAL	16.355.000		511.600

FUENTE: Elaboración propia.

Hemos considerado un sistema de amortización lineal, constante o de cuota fija en cuanto que la velocidad de obsolescencia del inmovilizado relacionado con una planta depuradora, ya sea obra civil o equipos, es relativamente lenta puesto que estamos hablando de grandes obras que exigen análisis exhaustivos en los que se deben hacer proyecciones del crecimiento de la población hasta el final de la vida útil de la instalación.

3.4.5.2 Mano de obra

El número de empleados que llevan a cabo las diferentes tareas exigidas para la buena marcha de ambas plantas de tratamiento son los que figuran en el *Cuadro 3.9*.

CUADRO 3.9**RELACIÓN DE PERSONAL POR CATEGORÍAS.**

Categoría	Nº	Función	Portadores de recursos
EXPLOTACIÓN			
Jefe de Planta	1	Coordinar todas las actividades	Tiempo invertido
Jefe de Explotación	1	Coordinar tareas de Explotación	Tiempo invertido
Encargado	1	Control de las tareas de Explotación	Tiempo invertido
Operarios	9	Control de la maquinaria	Nº de controles
Jardinero	1	Jardines	M ² de jardín
Oficial	1	Reparación de las Instalaciones	Nº de reparaciones

Categoría	Nº	Función	Portadores de recursos
MANTENIMIENTO			
Encargado	1	Coordinar tareas de mantenimiento	Tiempo invertido
Operarios	11	Reparar maquinaria	Nº de máquinas
LABORATORIO			
Laboratorio	1	Control Analítico	Nº de Análisis hechos
ADMINISTRACIÓN			
Administrativo	1	Administración	Nº de horas
Auxiliar	1	Administración	Nº de horas
	29		

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Canaragua.

Aunque en el cuadro anterior hemos sugerido unos portadores de recursos para cada categoría de personal, al no disponer de información detallada sobre la retribución total media anual del personal que lleva a cabo sus tareas en las dos plantas de tratamiento de Santa Cruz de Tenerife, hemos tomado como total el importe que nos ha facilitado la empresa encargada de la gestión de la depuradora, Canaragua, que asciende a 878.400 € al año¹⁸⁰ para el conjunto de empleados.

CUADRO 3.10

DISTRIBUCIÓN DEL COSTE DE PERSONAL POR ÁREAS

	Explotación	Mantenimiento	Laboratorio	Administración	TOTAL
Nº Empleados	14	12	1	2	29
Retribución	424.055	363.476	30290	60.579	878.400

FUENTE: Elaboración propia.

Este importe lo hemos distribuido entre las cuatro grandes áreas en las que hemos agrupado la mano de obra (explotación, mantenimiento, laboratorio y administración) en función del número de empleados asignados a cada una¹⁸¹,

¹⁸⁰ Incluyendo coste del vestuario laboral, plus por turnicidad, guardias, bajas, refuerzos y sustituciones.

¹⁸¹ Aunque el Jefe de Planta no está asociado a ningún área en concreto, hemos decidido incluirlo en *Explotación* por entender que las funciones que éste realiza quedan mejor encuadradas dentro de este grupo.

entendiendo que cuantos más empleados hay asociados a un área más compleja será la ejecución de las actividades desarrolladas.

Estimamos que el personal de administración y laboratorio trabaja una media de 1.720 horas al año, en cambio el de explotación y mantenimiento cubre un total de 8.760 horas organizados en turnos, puesto que recordemos que una planta depuradora trabaja las 24 horas del día durante los 365 días del año.

3.4.5.3 Productos de tratamiento

En el *Cuadro 3.11* se incluye el consumo de reactivos, tanto en unidades físicas como económicas, asociado al funcionamiento de una planta depuradora como la que estamos analizando.

CUADRO 3.11
ESTIMACIÓN DE LOS COSTES ANUALES DE REACTIVOS

	Consumo	Coste unitario	Importe Total (€)
Acido sulfúrico	26.580	0,25 €/kg.	6.645
PHC	6.800 kgs.	0,5 €/kg	3.400
Poliectrolito aiónico	300 kgs.	4 €/kg	1.200
Poliectrolito catiónico	13.230 kgs.	4 €/kg	52.920
Hipoclorito sódico	112.860 kgs.	0,25 €/kg	28.215
Microfiltros	700 unidades	10 €/udad.	7.000
Anticrustante	130 kgs.	1,5 €/kg	195
Acido clorhídrico	15.200 kgs.	0,3 €/kg	4.560
Sal común	34.600 kgs.	0,15 €/kg	5.190
Sosa cáustica	35.000 kgs.	0,35 €/kg.	12.250
Reactivos de laboratorio			7.200
Productos industriales			200
TOTAL			128.975

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Canaragua.

3.4.5.4. Energía

Una forma de valorar económicamente los costes energéticos, directamente en €/m³, sería conociendo el coeficiente energético de la infraestructura.

Este coeficiente energético representa la energía necesaria para bombear cada m³ de un determinado sistema y da una idea de las necesidades de generación de energía.

Con lo anterior bastará con multiplicar dicho coeficiente energético (kwh/m³) por la tarifa vigente de energía (€/kwh)

Dentro de los costes de energía vamos a distinguir una parte fija, y por lo tanto, independiente del volumen de agua tratada y otra variable que depende de los kilovatios de energía consumidos.

En el *Cuadro 3.12* que se adjunta a continuación figura una estimación de los costes de energía, tanto fijos como variables, suponiendo que los 20.000 m³ que se reciben en los Llanos se bombean¹⁸² a Buenos Aires donde todo el influente (40.000 m³diarios) recibe un tratamiento primario y secundario. Además entendemos que el volumen de agua tratado permanece más o menos constante a lo largo de todo un año.

CUADRO 3.12
ESTIMACIÓN DEL COSTE ANUAL DE ENERGÍA POR PLANTAS

	Potencia contratada/mes	Coste unitario (€)	Total anual (€)
ENERGÍA FIJA			62.183,22
LOS LLANOS	800 kw	1,8812	18.059,52
BUENOS AIRES	950 kw	3,8705	44.123,7

¹⁸² Estimaciones hechas para dos bombas de 290 kw.

	Energía consumida/mes	Coste unitario (€)	Total anual (€)
ENERGÍA VARIABLE			753.244,164
LOS LLANOS	372.069	0,0630	281.284,164
BUENOS AIRES	684.000	0,0575	471.960
TOTAL ENERGÍA			815.427,384

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Canaragua.

Hemos comentado que en la EDAR de Santa Cruz de Tenerife, está funcionando un subproceso de cogeneración que permite ahorrar casi un 10% del total de energía variable consumida que, en función de los datos facilitados, vendría a suponer unos 75.000 euros, aproximadamente.

3.4.5.5. Transporte y canon

Los costes de transporte y canon se deben, básicamente, al transporte de los desechos obtenidos en el proceso de depuración (sólidos, arenas, grasas y fangos) al vertedero y a la tasa que se debe pagar como derecho de depósito de estos materiales.

Por lo tanto, el coste de estos dos conceptos dependerá de la cantidad de sólidos, arenas, grasas y fangos obtenidos en el proceso.

En las siguientes líneas se hace una estimación del total obtenido de estos materiales teniendo en cuenta un volumen de agua tratada, como ya habíamos comentado, de unos 40.000 m³ al día.

Del análisis del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales se observa como la gran mayoría de los sólidos, arenas y grasas eliminados del agua residual se obtienen en el Pretratamiento, correspondiendo los fangos al Tratamiento Primario y Secundario.

En el *Cuadro 3.13* se hace una estimación de los coste anuales de evacuación de estos residuos.

CUADRO 3.13

COSTE MEDIO ANUAL EVACUACIÓN DE RESIDUOS Y FANGOS¹⁸³

Concepto	Tipo de Residuo	Importe Anual (€)
Evacuación de fangos secos	Fangos	180.000
Evacuación de detritus	Sólidos	8.000
Evacuación de arenas	Arenas	9.000
Evacuación de flotantes	Grasas	9.500
TOTAL		206.500

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Canaragua y Ondeo Degrémont.

3.4.5.6. Conservación y mantenimiento

Dentro de este grupo incluiremos aquellos costes que debe soportar la empresa con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo de la planta.

CUADRO 3.14

ESTIMACIÓN DEL COSTE ANUAL DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN	COSTE ANUAL (euros)
Aceites y grasas	600
Repuestos mecánicos	28.000
Repuestos eléctricos	10.000
Instrumentación y automatismos	9.000
Pequeños recambios y materiales fungibles	20.500
Mantenimiento de extintores	150
Revisión transformador por empresa autorizada	450
Mantenimiento de centrifugas de deshidratación	5.000
Mantenimiento de soplantes	3.000
Mantenimiento de turbocompresores	9.000
Mantenimiento de calderas	900
TOTAL MANTENIMIENTO	86.600

FUENTE: Elaboración propia según información facilitada por Ondero Degrémont, S.A.

Estos cuatro últimos conceptos se pueden considerar como de mantenimiento específico

¹⁸³ Referidos, básicamente, a los costes de transporte hasta el vertedero y canon.

CUADRO 3.15

ESTIMACIÓN DEL COSTE ANUAL DE CONSERVACIÓN

DESCRIPCIÓN	COSTE ANUAL (euros)
Pequeñas reparaciones obra civil	5.670
Jardinería	1.560
Desratización	350
Restauración pintura equipos	6.300
Restauración pintura edificios	3.780
TOTAL CONSERVACIÓN	17.660

FUENTE: Elaboración propia según información facilitada por Ondero Degrémont, S.A.

3.4.5.7. Sociales

Como costes de carácter social entendemos todos aquellos factores consumidos en el período con el objetivo de paliar los posibles efectos medioambientales negativos que puede ocasionar un proceso productivo de estas características (malos olores, vertidos perjudiciales,...) junto con los que garantizan un desarrollo adecuado de las diferentes actividades (seguridad, calidad,...)

CUADRO 3.16

ESTIMACIÓN DE COSTES ANUALES DE CARÁCTER SOCIAL

	Importe Anual (€)
Concepto	
Seguridad y salud	152.600
Certificación ISO 14.000	2.600
Análisis exteriores	2.800
Programas de vigilancia ambiental ¹⁸⁴	6.500
TOTAL	164.500

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Ondeo Degrémont, S.A.

¹⁸⁴ Vertidos, emisiones, ruidos,...

3.4.5.8. Otros servicios

Incluiremos dentro de este grupo todos aquellos recursos no recogidos en los apartados anteriores que por su cuantía no merecen un tratamiento independiente.

CUADRO 3.17
ESTIMACIÓN DE LOS COSTES ANUALES DE ADMINISTRACIÓN

Concepto	Importe Anual (€)
Teléfonos fijos/fax	350
Teléfonos móviles	950
Mensajería	250
Transportes	4.375
Material de oficina	350
Combustible	950
TOTAL	7.225

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Ondeo Degrémont, S.A.

3.4.6. Fase 4: Conexión entre recursos y outputs a través de actividades

En la *Fase 1* hemos identificado los distintos outputs que se obtienen en un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, resultado cada uno de la ejecución de una determinada operación de producción.

A su vez para poder llevar a cabo estas transformaciones productivas hemos visto que resulta necesario completar una serie de actividades, también identificadas en la *Fase 2* del procedimiento de cálculo propuesto.

Por último, en la *Fase 3* se han analizado el conjunto de factores y los consumos previstos de cada uno de ellos para un caudal tratado de unos 40.000 m³ diarios hasta un Secundario y sólo 4.500 m³ diarios que completan el Tratamiento Terciario.

Por lo tanto, a través de estas primeras tres fases hemos colocado sobre la mesa los elementos de los que disponemos para ahora, en la Fase 4, buscar relaciones lógicas entre ellos.

Con el objeto de coordinar todo este proceso de relaciones retomaremos el *Formulario 3.1* sobre Actividades a través del cuál accederemos a dos subformularios que nos van a permitir:

1. Seleccionar, del conjunto de recursos identificados en la fase anterior, aquellos que son requeridos con el objeto de ejecutar cada actividad.
2. Distribuir el coste de las actividades auxiliares entre las principales.

3.4.6.1. Asociación recurso-actividad

Ya hemos especificado que para poder completar una determinada actividad se consumen factores. A través del *Formulario 3.4*, del cual se incluye un ejemplo a continuación, se pretende facilitar el proceso de selección de recursos usados por una determinada actividad.

Por medio de esta pantalla de asociación recurso-actividad se define el carácter directo/indirecto y fijo/variable de los distintos recursos en función de la actividad que los utiliza.

Recordemos que previamente hemos establecido un portador de recurso para cada uno de los elementos de coste identificados. En el **Anexo 3.3** a este capítulo se incluye información detallada sobre cada uno de los portadores de recurso sugeridos para cada elemento de coste.

FORMULARIO 3.4
ASOCIACIÓN RECURSOS-ACTIVIDAD

The screenshot shows a Microsoft Access window with a form titled 'Actividades'. The 'Actividad' field is set to 'Pretratamiento'. Below the form is a table titled 'Recursos consumidos por actividad'. The table has the following columns: Recurso, Direc./Indir., Fija/Variab., Portador del Recurso, Número de Portadores, Coste Unitario por Portador, Coste Total Estimado, Número de Portadores, Coste Unitario por Portador, and Coste. The table lists various resources such as 'Obra de Rejedo y', 'Obra desarenada', 'Equipo de elevaci...', 'Equipo pretrata...', 'Movimiento gener...', 'Urbanización, sem...', 'Equipo de osomet...', 'Equipos eléctricos', 'Armarías eléctrica', 'Instalación de cla...', 'Equipos de control', 'Personal de expler...', 'Energía fija Los L...', 'Energía variable L...', 'Drenajes', 'Edificios de cont...', and 'Cableado a recep...'. Each row shows the unit, unit cost, total cost, and number of units for that resource.

Recurso	Direc./Indir.	Fija/Variab.	Portador del Recurso	Número de Portadores	Coste Unitario por Portador	Coste Total Estimado	Número de Portadores	Coste Unitario por Portador	Coste
Obra de Rejedo y			Metros cuadrados	10.000,00	0,4	4.000,00	0,00	0	
Obra desarenada			Metros cúbicos	40.000,00	0,0575	2.300,00	0,00	0	
Equipo de elevaci...			Metros cúbicos	40.000,00	0,575	23.000,00	0,00	0	
Equipo pretrata...			Metros cúbicos	40.000,00	0,41	16.400,00	0,00	0	
Movimiento gener...			Metros cuadrados	8.000,00	0,6222	4.977,60	0,00	0	
Urbanización, sem...			Metros cuadrados	8.000,00	0,3777	3.021,60	0,00	0	
Equipo de osomet...			Potencia instal	1.361,13	3,0296	4.123,68	0,00	0	
Equipos eléctricos			Potencia instal	1.361,13	3,5143	4.783,42	0,00	0	
Armarías eléctrica			Potencia instal	1.361,13	5,7563	7.839,07	0,00	0	
Instalación de cla...			Metros cuadrados	8.000,00	0,1066	852,80	0,00	0	
Equipos de control			Metros cuadrados	200,00	6,25	1.250,00	0,00	0	
Personal de expler...			Número de hom	870,00	48.4081	42.115,05	0,00	0	
Energía fija Los L...			Potencia contr	1.680,00	1,8812	3.160,42	0,00	0	
Energía variable L...			Número de kilo	459.680,00	0,063	28.958,58	0,00	0	
Drenajes			Número de unid	1,00	2.800	2.800,00	0,00	0	
Edificios de cont...			Metros cuadrados	200,00	8,125	1.625,00	0,00	0	
Cableado a recep...			Metros lineales	1.400,00	0,8	1.120,00	0,00	0	
				0,00		0,00	0,00		

FUENTE: Elaboración propia.

Tal y como ya hemos mencionado, en esta fase hemos distinguido entre recursos directos e indirectos y, a su vez, dentro de los primeros trabajaremos con factores que hemos definido como específicos y no específicos, entendiendo que mientras que los primeros afectan a una única actividad los segundos pueden repercutir sobre varias.

En el caso de recursos directos específicos no es necesario la existencia de portadores de recurso como enlace entre las actividades y los factores, sin embargo hemos sugerido portadores en todos los casos con el objeto de crear instrumentos que, como ya hemos comentado, nos permitan detectar la existencia de recursos ociosos.

De hecho el informe que presentábamos como Anexo 3.3. (Desviación portadores de recurso) nos facilita información sobre si existen o no diferencias

entre el total de portadores asignados a cada actividad y la cantidad de factores que ha demandado cada una de ellas.

A través del número de portadores de recurso usados por una determinada actividad podremos obtener el coste total del recurso analizado que corresponde a dicha actividad para el período objeto de análisis.

Como **Anexo 3.4** se incluye el informe facilitado por GECO donde figura el total de recursos, valorados en unidades físicas y económicas, requeridos por cada actividad.

En dicho documento se especifica además, el número de portadores de recurso estimado y el coste unitario de cada portador.

En el *Cuadro 3.18* que se adjunta a continuación se incluye el coste total estimado del conjunto de recursos requeridos por cada una de las actividades identificadas en el proceso con el fin de poder hacer frente a un caudal, como ya hemos comentado, de 40.000 m³ al día hasta un Tratamiento Secundario y 4.500 m³ para un Terciario.

CUADRO 3.18

TOTAL RECURSOS REQUERIDOS POR ACTIVIDAD

ACTIVIDADES PRINCIPALES		ACTIVIDADES AUXILIARES	
Pretratamiento	152.323,21	Tratamiento de Fangos	271.369,73
Tratamiento Primario	219.186,96	Gestión de Residuos	250.342,91
Tratamiento Secundario	390.417,13	Análisis y Ensayos	49.664,89
Tratamiento Terciario	200.339,10	Gestión del Gas	28.521,50
Gestión Administrativa	70.110,04	Desodorización	120.779,52
		Cogeneración	28.326,50
		Mant. y Conservación	640.199,39
		Bombeo	394.860,19
TOTAL	1.032.376,44		1.784.064,63
TOTAL DE RECURSOS		2.816.441,07	

FUENTE: Elaboración propia.

Del total de recursos consumidos por cada actividad observamos como el mayor peso recae en la actividad de *Mantenimiento y Conservación* coincidiendo con la problemática que ya apuntábamos en Capítulo 2 (apartado 2.3.3) sobre la importancia de tener en cuenta, a la hora de gestionar una EDAR, los costes de mantenimiento y conservación puesto que pueden llegar a superar incluso a los de explotación.

El *Tratamiento Secundario* es otra de las actividades en donde se concentra un importante porcentaje de costes. Ya hemos visto que esta fase es quizás la más delicada y la que requiere mayor atención puesto que la obtención de un producto de calidad óptima depende, en gran medida, de mantener equilibrada la producción de bacterias que, por otro lado, se puede ver afectada por multitud de factores que pueden tener graves consecuencias en el resultado del proceso.

El *Tratamiento de Fangos* también consume una parte importante de los recursos utilizados en el proceso puesto que la depuración de aguas residuales lleva aparejada la ejecución de una serie de tareas paralelas encaminadas a tratar los elementos contaminantes eliminados con el fin de atenuar cualquier posible daño medioambiental.

Por último resaltar el coste de la actividad de *Bombeo* que resulta considerable teniendo en cuenta las peculiaridades orográficas de la EDAR que analizamos, dividida en dos áreas situadas a distinta cota en la que se eleva agua pretratada desde la planta de Los Llanos a la de Buenos Aires situada a un nivel superior.

3.4.6.2. Distribución del coste de las actividades auxiliares entre las principales

Además de los recursos hay actividades, definidas como principales, que absorben trabajo de las auxiliares. En estos casos habrá que hacer un reparto secundario a través del cual se definan las necesidades de estas actividades auxiliares por las principales.

Para ello, y siguiendo la misma metodología que en el caso de los recursos, seleccionaremos para cada actividad principal las actividades auxiliares que le prestan algún tipo de servicio. Esta cesión de costes se medirá utilizando lo que hemos venido llamando portadores de la actividad.

En el *Cuadro 3.19* se sugieren portadores para cada actividad auxiliar, en función de la información recogida.

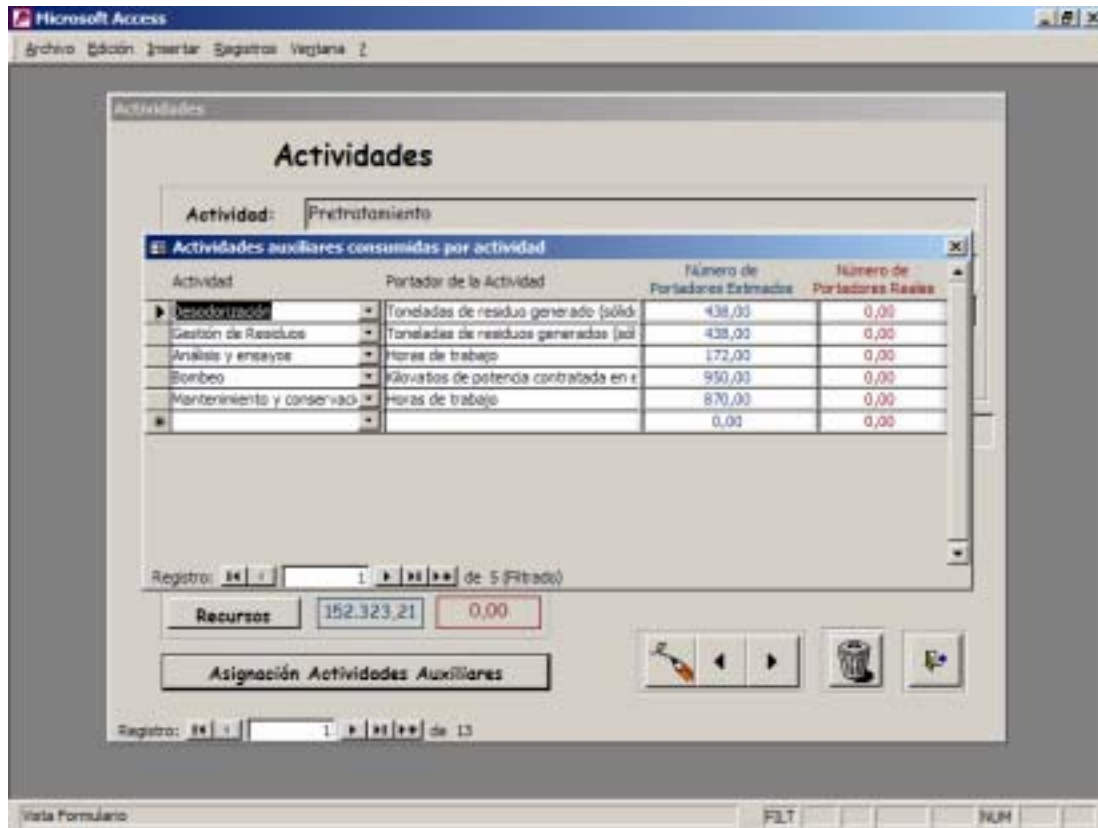
CUADRO 3.19
PORTADORES DE ACTIVIDADES AUXILIARES

Tratamiento de Fangos	Toneladas de fango bruto obtenido
Gestión del Gas	Toneladas de fango deshidratado obtenido
Cogeneración	Toneladas de fango deshidratado obtenido
Desodorización	Toneladas de residuo generado (sólidos y fango bruto)
Gestión de Residuos	Toneladas de residuo generados (sólidos y fango seco)
Análisis y Ensayos	Horas de trabajo
Bombeo	Kilovatios de potencia contratada en equipos de bombeo
Mantenimiento y Conservación	Horas de trabajo

FUENTE: Elaboración Propia.

Con el objeto de poder hacer simulaciones con la información recopilada se ha diseñado y desarrollado el *Formulario 3.5* donde se especifican las relaciones entre actividades auxiliares y principales.

FORMULARIO 3.5
ASOCIACIÓN ACTIVIDADES AUXILIARES-PRINCIPALES



FUENTE: Elaboración propia.

En este caso se seleccionan las actividades auxiliares utilizadas por la principal que estamos analizando junto con los portadores de actividad requeridos en cada caso. Dichas relaciones, convertidas en lenguaje numérico, se pueden representar según el ejemplo siguiente:

	P₁	P₂	P₃	A₁	A₂	A₃
A₁	A _{1P1}	A _{1P2}	-	-	-	-
A₂	-	-	A _{2P3}	A _{2A1}	-	A _{2A3}
A₃	-	-	A _{3P3}	A _{3A1}	A _{3A2}	A _{3A3}

El total de cada actividad será la suma de los recursos consumidos por cada una ($\sum RP_n$) más la parte que absorbe de actividades auxiliares.

Por lo tanto, y siguiendo con ejemplo anterior, el coste total de cada actividad quedaría de la siguiente forma:

$P_1 = \Sigma RP_1 + A_{1P1}$	$A_1 = \Sigma RA_1 + A_{2A1} + A_{3A1}$
$P_2 = \Sigma RP_2 + A_{1P2}$	$A_2 = \Sigma RA_2 + A_{3A2}$
$P_3 = \Sigma RP_3 + A_{2P3} + A_{3P3}$	$A_3 = \Sigma RA_3 + A_{2A3} + A_{3A3}$

Para resolver estas relaciones, y según habíamos adelantado en el apartado 3.2.4 de este Capítulo, plantearemos un sistema de tantas ecuaciones e incógnitas como actividades identificadas.

Con el fin de facilitar el tratamiento informático de los datos hemos generalizado este sistema matricial incorporando todas las actividades ejecutadas en el proceso, existan o no relaciones recíprocas entre ellas.

Por lo tanto, nuestra propuesta es convertir en dos matrices (matriz relaciones y matriz recursos) la tabla de importes asociados a cada actividad:

a.- Matriz relaciones:

	P_1	P_2	P_3	A_1	A_2	A_3
P_1	1	0	0	0	0	0
P_2	0	1	0	0	0	0
P_3	0	0	1	0	0	0
A_1	$-A_{1P1}$	$-A_{1P2}$	0	1	0	0
A_2	0	0	$-A_{2P3}$	$-A_{2A1}$	1	$-A_{2A3}$
A_3	0	0	$-A_{3P3}$	$-A_{3A1}$	$-A_{3A2}$	$1 - A_{3A3}$

b.- Matriz recursos:

RP_1
RP_2
RP_3
RA_1
RA_2
RA_3

A continuación se trata de calcular la matriz inversa de la matriz relaciones (a) y multiplicar el resultado obtenido por la matriz de recursos (b). Al final obtendremos el coste de cada Actividad ejecutada, tanto principal como auxiliar (*Cuadro 3.18*).

Para el caso concreto que analizamos hemos confeccionado la matriz de relaciones en base a los datos que se incluyen en el *Cuadro 3.20*.

CUADRO 3.20
PORTADORES DE ACTIVIDADES AUXILIARES

	Pr	Tp	Ts	Tt	Tf	Ga	G	C	D	Gr	AyE	B	MyC	TOTAL
T. de Fangos		3.066	5.694											8.760
Gestión del Gas					6.132									6.132
Cogeneración					6.132									6.132
Desodorización	438				8.760									9.198
Gestión de Residuos	438				6.132									6.570
Análisis y Ensayos	172	208	310	174	340		86	86	86	172		86		1.720
Bombeo	950			82	574				41					1.647
Mant. y Cons.	870	1.056	1.580	876	1.750		438	438	438	876		438		8.760
Pr: Pretratamiento				Tf: Tratamiento de Fangos				Gr: Gestión de residuos						
Tp: Tratamiento Primario				G: Gas				AyE: Análisis y Ensayos						
Ts: Tratamiento Secundario				C: Cogeneración				B: Bombeo						
Tt: Tratamiento Terciario				D: Desodorización				MyC: Mantenimiento y Conservación						
Ga: Gestión administrativa														

FUENTE: Elaboración Propia.

Sólo utilizan el *Tratamiento de Fangos* las actividades de Tratamiento Primario y Tratamiento Secundario puesto que es en estas dos donde se genera este tipo de deshecho. Para medir esta dos actividad se ha utilizado como portador de actividad las *toneladas de fango bruto* obtenido.

Concretamente el total de fango bruto generado, teniendo en cuenta el caudal que hemos utilizado para hacer los cálculos, sería de 8.760.000 kg. al año, de los cuales 3.066.000 kg. (3.066 tn.) corresponderían al Tratamiento Primario y 5.694.000 kg. (5.694 tn.) al Secundario.

Para las actividades de *Gestión del Gas* y *Cogeneración* se ha tomado como portadores de actividad las *toneladas de fango deshidratado obtenido*,

puesto que la generación de gas, sobre todo gas metano, se produce con la digestión de los fangos. Por otro lado, a través de la Cogeneración se pretende recuperar energía con el biogás producido en la digestión que se aprovecha en la propia planta.

El fango bruto es sometido a un proceso de secado por medio del cual se consigue eliminar un 30% del líquido que contiene, esto significa que de cada 0,60 kg/m³ de fango bruto se obtienen 0,42 kg/m³ de fango deshidratado. Suponiendo un total de fango bruto generado al año de 8.760.000 kg. el resultado del proceso de secado nos daría un total de 6.132.000 kg. (6.132 tn.) de este residuo, de los que 2.146.200 kg. corresponderían al Tratamiento Primario y el resto (3.985.800 kg.) en el Secundario.

La actividad de *Desodorización* tiene como objetivo minimizar el efecto de los olores molestos que se generan en gran medida en la retirada de residuos y en la línea de fangos. Por lo tanto esta actividad será requerida por las actividades de Pretratamiento, dónde se obtienen mayoría de los sólidos, y Tratamiento de Fangos. Utilizaremos como instrumento de medida las *toneladas de residuo generado*.

Como resultado del proceso de Pretratamiento, tanto en los Llanos como en Buenos Aires, se generan, por término medio, un total de 438.000 kgs. (438 tn.) de sólidos, arenas y grasas al año, mientras que, como ya habíamos comentado el fango bruto obtenido al año es de 8.760 tn.

Para la actividad *Gestión de Residuos* también se ha utilizado como portador de la actividad las *toneladas de residuo generado*, consumidos en las actividades de Pretratamiento y Tratamiento de Fangos, sin embargo, por este último, hemos calculado las toneladas de fango deshidratado obtenido (6.132 tn.) puesto que es el lodo seco el que se transporta y lleva al vertedero.

Para las actividades de *Análisis y Ensayos y Mantenimiento y Conservación* se ha tomado como portador de actividad el número de *horas de*

trabajo, por considerar que las actividades principales demandarán servicios de estas dos auxiliares en función del grado de complejidad que lleva aparejado la ejecución de sus tareas y que ésta se puede medir utilizando el número de horas destinadas a completar esos servicios.

Al no disponer del número de horas efectivas de trabajo para ambas actividades hemos tomado el total de horas anuales, 1.720 horas en el caso de Análisis y Ensayos y 8.760 horas para Mantenimiento y Conservación entendiéndose que la planta está funcionando las 24 horas del día todos los días del año.

La distribución del número de horas entre el resto de actividades se ha hecho en función del porcentaje estimado de dedicación a cada una de ellas.

En cuanto a la actividad de *Bombeo* se ha escogido como portador los *kilovatios de potencia contratada en equipos de bombeo* que aparecen detallados en el *Cuadro 3.21*.

CUADRO 3.21
POTENCIA TOTAL INSTALADA EN BOMBEO

Nombre del equipo	Potencia total instalada (kw)
Pretratamiento	950,2
Bombas agua bruta	32,4
Bombas EDAR	583,2
Bombas emisario	332
Bombas aspiración	2,6
Desodorización	40,6
Bombas recirculación	40
Bombas dosificadora	0,6
Tratamiento Terciario	82,14
Bomba agua filtrada	36
Bombas agua a filtrar	16,5
Bombas agua lavada	15
Bombas dosificadoras	2,64
Bombas de carga	6
Bombas de trasvase	6

Nombre del equipo	Potencia total instalada (kw)
Tratamiento de Fangos	573,75
Bombas recirculación	59
Bombas siembra y vaciado digestor	22
Bomba lechada de cal	1,5
Bombas de fangos a calentar	14
Bombas de agua caliente a Inter	8,2
Bombas recirculación agua caliente	3,5
Bomba agua caliente a motogenerador	3
Bomba sosa torre desulfuración	1,5
Bombas fango a centrífuga	16,5
Bombas de lodos en exceso	29,5
Bombas de fangos a espesador	12,45
Bombas recirculación de fangos	307,6
Bombas flotantes a clarificador	38,4
Bomba de fangos sépticos	2,2
Bombas de fangos a digestión	16,8
Bombas rebose a espesador	37,6

FUENTE: Elaboración Propia a partir de la información facilitada por Canaragua.

Se observa como el mayor consumo de potencia, en concepto de bombeo, corresponde a la actividad de Pretratamiento puesto que, en el caso concreto que analizamos y como ya hemos comentado, se ha de elevar agua desde la Planta de Los Llanos en la costa a la de Buenos Aires, situada en una cota superior.

Como **Anexo 3.5** se adjunta el informe que nos aporta GECO en el que se detallan los requerimientos de servicios de las actividades auxiliares por parte de las principales y de las propias auxiliares.

Al igual que en el caso de los recursos, las desviaciones entre los portadores de actividad estimados y las cantidades requeridas por el resto de actividades (auxiliares y/o principales) nos informan sobre la posibilidad de que existan o no actividades ociosas.

3.4.7. Fase 5: Determinación de los costes y análisis de resultados

Como resultado de las operaciones anteriores hemos conseguido distribuir el coste soportado por la empresa durante el período objeto de estudio en las actividades principales, según figura en el cuadro siguiente:

CUADRO 3.22
COSTE DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES

	COSTE TOTAL
ACTIVIDADES PRINCIPALES	
Pretratamiento	497.711,68
Tratamiento Primario	701.565,85
Tratamiento Secundario	1.256.286,57
Tratamiento Terciario	290.766,93
Gestión Administrativa	70.110,04
TOTAL	2.816.441,07

FUENTE: Elaboración propia.

El total de recursos es el mismo que incluíamos en el *Cuadro 3.18* pero agrupados, ahora, en las actividades principales.

Al analizar los resultados que facilita GECO, recogidos en el cuadro anterior, observamos como la mayor parte de los costes soportados en un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, suponiendo un caudal tratado de 40.000 m³ diarios hasta un secundario, recaen en la actividad de Tratamiento Secundario.

Hay que recordar que esta parte del proceso es la más compleja puesto que a través de ella se pretende descomponer la materia orgánica, no eliminada en proceso anteriores, obteniéndose, además, la mayor parte de los fangos.

A continuación sugerimos portadores para las actividades principales de forma que podamos disponer de un herramienta de medición del desempeño de

cada una de las actividades asociadas a las distintas operaciones de producción reconocidas.

CUADRO 3.23
PORTADORES DE ACTIVIDADES PRINCIPALES

	Pretratamiento	T.Primario	T.Secundario	T.Terciario
Coste total estimado	497.711,68	701.565,85	1.256.286,57	290.766,93
Portadores de actividad	Nº de veces que se repite la actividad al año	Nº de veces que se repite la actividad al año	Nº de veces que se repite la actividad al año	Nº de veces que se repite la actividad al año
Número de portadores	29.200 veces ¹⁸⁵	2.190 veces ¹⁸⁶	1.460 veces ¹⁸⁷	3.285 ¹⁸⁸ veces
Coste unitario por portador	17,04 €	320,35 €	860,47 €	88,51 €

FUENTE: Elaboración Propia.

El número de veces que se repite la actividad al año coincide con la capacidad de tratamiento en metros cúbicos de agua de cada actividad, este dato nos va a permitir obtener información sobre el coste que debe soportar la empresa cada vez que se repite cualquiera de estas operaciones.

Se entiende que cuánto más tiempo dure en ejecutarse una determinada actividad mayor cantidad de sustancias contaminantes contendrá el agua residual, por lo que, desde el punto de vista de la calidad y el rendimiento, lo

¹⁸⁵ Para obtener el número de veces que se repite al año la actividad de Pretratamiento se ha utilizado como criterio de cálculo la capacidad del pozo de sólidos gruesos (500 m³). Suponiendo un caudal diario de 40.000 m³ esto vendría a indicar un número de repeticiones de 80, que al año serían unas 29.200 veces.

¹⁸⁶ La capacidad de cada decantador es de 3.333 m³, en el momento de realización de este trabajo se estaban utilizando dos de los tres decantadores que posee la planta, lo que nos viene a dar un total de 6.666 m³. Teniendo en cuenta que los datos están referidos a un caudal de 40.000 m³ al día, esto supone que diariamente la actividad de pretratamiento se debe repetir, por término medio, unas 6 veces (2.190 veces al año).

¹⁸⁷ Para medir el número de veces que se repite el Tratamiento Secundario al año hemos utilizado la capacidad de los clarificadores circulares (4.980 m³). Teniendo en cuenta que se encuentran operativos dos de los tres clarificadores esto nos va a dar una capacidad total de 9.960 m³, lo que supone que, diariamente, la actividad de Tratamiento Secundario se repite unas 4 veces, que al año vendrían a ser 1.460 veces.

¹⁸⁸ En cuánto al Tratamiento Terciario se ha utilizado la capacidad del depósito de agua desalinizada (500 m³). Considerando un caudal de 4.500 m³ de agua tratada se tendría que repetir esta operación unas 9 veces al día (3.285 veces al año).

ideal será aumentar al número de veces que se repite el proceso durante un período determinado. Esto querrá decir que la capacidad de procesamiento de contaminación de la planta es mayor o bien que el grado de contaminación del influente es menor.

Recordemos que mientras, que el inductor de coste o portador de la actividad, según la nomenclatura que hemos venido utilizando en este trabajo, es *“el causante directo de los consumos realizados por las actividades”*, la medida de la actividad se refiere al *“factor o conjunto de factores que determinan el surgimiento de una actividad”* (Castelló y Lizcano, 1998:61).

Por lo tanto, podríamos decir que el portador de la actividad de coste refleja la causa del coste y la medida de actividad representa el efecto, puesto que *“constituye la variable que permite cuantificar el output obtenido por las distintas actividades”* (Castelló y Lizcano, 1998:75), coincidiendo ambas unidades en la mayoría de los casos.

El cálculo de las medidas de las diferentes actividades, que en este caso como ya hemos adelantado coincidirá con los portadores de actividad, nos va a permitir obtener información sobre el grado de eficiencia con el que se ejecuta cada una de ellas.

Para calcular el coste de los dos productos identificados en el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales objeto de estudio bastará con sumar el importe correspondiente de las actividades absorbidas por cada uno de ellos.

En primer lugar, y sobre todo con fines informativos, agrupamos las distintas actividades realizadas por operaciones de producción, según la relación que adelantábamos en el Cuadro 3.5 de este Capítulo, obteniendo, de esta forma, el coste de cada una de las transformaciones productivas identificadas en este proceso, para un período de un año.

Para ello y siguiendo con el razonamiento que proponíamos en el desarrollo teórico del modelo, según figura a continuación:

$$AD = Ar + Tpr + Tp + Ts$$

Siendo,

AD = Coste total del agua depurada

Ar = Agua residual

Tpr = Coste de la Actividad Pretratamiento

Tp = Coste de la Actividad Tratamiento Primario

Ts = Coste de la Actividad Tratamiento Secundario

Recordemos que para facilitar los cálculos, partimos del supuesto de que el agua residual que entra en el proceso (Ar) tiene coste cero.

	Tpr	Tp	Ts	TOTAL ANUAL¹⁸⁹
Agua depurada (AD)	497.711,68	701.565,85	1.256.286,57	2.455.564,1

El Coste unitario de un m³ de agua vertida al medio (Cud) será;

$$Cud = AD / m^3 \text{ depurados}$$

	Obtención de agua depurada
Agua Depurada (AD)	2.455.564,1
Metros cúbicos depurados al año	14.600.000
Coste unitario (Cud)	0,17 €/m³

Por otro lado el coste del agua regenerada (AR) se obtendría de la siguiente forma:

$$AR = ADr + Tt$$

¹⁸⁹ En esta relación no se incluye la actividad Gestión Administrativa porque entendemos que se trata de una actividad no operativa y, por lo tanto, su coste lo soportará el período.

Siendo,

ADr = Coste total del agua depurada que continúa en el proceso.

Tt = Coste de la Actividad Tratamiento Terciario

AR = Coste total del agua regenerada.

La materia prima de esta segunda operación de producción será el agua depurada que continúa en el proceso y su coste se calculará según la expresión siguiente:

$$\text{ADr} = \text{Cud} * \text{m}^3 \text{ de agua que continúan en el proceso}$$

	Agua depurada que continúa en el proceso
Coste unitario (Cud)	0,17 €/m ³
Metros cúbicos que continúan en el proceso	1.600.000
ADr	272.000

Teniendo en cuenta esto el coste del agua regenerada será:

	ADr	T. Terciario	TOTAL ANUAL
Agua regenerada	272.000	290.766,93	562.766,93

El Coste unitario de un m³ de agua regenerada (Cur) será;

$$\text{Cur} = \text{AR} / \text{m}^3 \text{ regenerados}$$

	Obtención de agua regenerada
Agua Regenerada (AR)	562.766,93
Metros cúbicos depurados al año	1.600.000
Coste unitario (Cur)	0,35 €/m³

Para obtener el valor añadido que aporta la reutilización (VAR) en el caso objeto de estudio procederemos de la siguiente forma:

$$\text{VAR} = \text{AR} - \text{ADr}$$

	AR	ADr	VAR
Coste unitario	0,35 €/m³	0,17 €/m³	0,18 €/m³
Metros cúbicos	1.600.000	1.600.000	1.600.000
Coste Total	560.000 €	272.000 €	288.000 €

Desde otro punto de vista,

	Obtención de agua depurada	Obtención de agua regenerada
TOTAL ANUAL	2.455.564,1	290.766,93
Metros cúbicos tratados al año	14.600.000	1.600.000
Coste unitario	0,17 €/m³	0,18 €/m³

Esto significa que depurar un metro cúbico de agua residual cuesta 0,17 € mientras que el coste de someterla a un proceso de regeneración, con el fin de volver a darle uso, supone 0,18 € más.

Estos importes ratifican el sinsentido de las *guerras de agua* si hacemos comparaciones entre distintas alternativas hidrológicas.

Según esto, y teniendo en cuenta que el uso mayoritario del agua regenerada, al menos en la zona objeto de estudio, es el riego agrícola, podemos hacer un análisis comparativo, a nivel de costes (*Cuadro 3.24*), entre las diferentes opciones de producción de agua (aprovechamiento superficial, subterráneo, desalación y reutilización) confirmando lo que ya hemos venido defendiendo a lo largo de este trabajo y es la importancia de reconocer en el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales una nueva alternativa hidrológica a la que merece la pena dedicar mayores esfuerzos.

CUADRO 3.24

COSTES MEDIO ESTIMADOS POR SISTEMAS DE OBTENCIÓN DE AGUA¹⁹⁰

	Superficial ¹⁹¹	Subterráneo ¹⁹²	Desalación ¹⁹³	Regeneración
Producción	0,42 €/m ³	0,48 €/m ³	0,56 €/m ³	-
Depuración	0,17 €/m ³	0,17 €/m ³	0,17 €/m ³	-
Regeneración	-	-	-	0,18 €/m ³

FUENTE: Elaboración Propia

El coste de la depuración sería un coste irrelevante puesto que, considerando la obligación que existe de depurar las aguas residuales urbanas, entendemos que es un importe que se debe soportar sea cual sea la alternativa seleccionada.

Por lo tanto, a nivel comparativo el coste de regenerar agua residual resulta inferior al de cualquier otro sistema de aprovechamiento. De todas maneras hay que depurar, por lo que saldría más barato regenerar un metro cúbico de agua que producirlo ya sea a través de métodos convencionales como no convencionales.

Además el modelo propuesto nos permite obtener información sobre el valor que añade cada actividad al agua residual a medida que se avanza en el proceso según figura en el cuadro siguiente.

¹⁹⁰ En estos valores no se incluyen los costes de transporte.

¹⁹¹ Coste medio estimado de captación a través de Balsas en la zona norte de la isla, según información facilitada por BALTEN, siendo el coste medio en la zona sur de hasta 0,62 €/m³. Hay que tener en cuenta, además, que la gran parte del agua embalsada en Tenerife procede de galerías.

¹⁹² Precio medio de compra a proveedores de agua obtenida a través de galerías y pozos según el informe presentado por EMMASA en sus Cuentas Anuales del ejercicio 2004.

¹⁹³ Datos calculados para una planta moderna de más de 20.000 m³/día, asumiendo un precio de la energía de 0,075 €/kWh (El Manantial, nº 23, junio de 2004).

CUADRO 3.25
VALOR AÑADIDO POR ACTIVIDAD

	Tpr	Tp	Ts
Agua depurada (AD)	497.711,68	701.565,85	1.256.286,57
Metros cúbicos tratados al año	14.600.000	14.600.000	14.600.000
Coste unitario por actividad	0,034 €/m ³	0,048 €/m ³	0,086 €/m ³

FUENTE: Elaboración Propia.

En definitiva hemos comprobado como la reutilización de aguas residuales, además del beneficio social que supone, se convierte en una alternativa muy interesante a nivel de costes en relación con los otros sistemas existentes de obtención de agua.

Aprovechando las posibilidades que nos ofrece GECO de simular distintas opciones en lo que al tratamiento contable, desde el punto de vista interno, se refiere, hemos supuesto una serie de alternativas entre las cuales vamos a presentar, en los siguientes apartados, los resultados obtenidos de las que consideramos más relevantes.

3.4.7.1. SIMULACIÓN 1: Tratamiento independiente de los costes de infraestructura

Hay que recordar que en los resultados presentados en las páginas anteriores se encuentran incluidos todos los recursos de los que debe hacer uso la empresa con el fin de obtener agua depurada y regenerada, incluyendo los correspondientes a la infraestructura.

Sin embargo si decidimos no incluir los costes del inmovilizado, normalmente cubiertos con subvenciones tal y como comentábamos en el capítulo anterior, el coste por actividad quedaría según aparece en el cuadro siguiente:

CUADRO 3.26
COSTE POR ACTIVIDAD SIN TENER EN CUENTA RECURSOS
RELACIONADOS CON EL INMOVILIZADO

ACTIVIDADES PRINCIPALES	Coste Total con inm.	Coste Total sin Inm.	Desviación
Pretratamiento	497.711,68	405.284,98	92.426,7
Tratamiento Primario	701.565,85	617.018,69	84.547,16
Tratamiento Secundario	1.256.286,57	1.004.932,22	251.354,35
Tratamiento Terciario	290.766,93	212.537,79	78.229,14
Gestión Administrativa	70.110,04	65.078,79	5.031,25
TOTAL	2.816.441,07	2.304.852,47	511.588,6

FUENTE: Elaboración Propia.

	Tpr	Tp	Ts	TOTAL
Agua depurada (AD)	405.284,98	617.018,69	1.004.932,22	2.027.235,89

Obtención de agua depurada	
Agua Depurada (AD)	2.027.235,89
Metros cúbicos depurados al año	14.600.000
Coste unitario (Cud)	0,14 €/m³

Agua depurada que continúa en el proceso	
Coste unitario (Cud)	0,14 €/m³
Metros cúbicos que continúan en el proceso	1.600.000
ADr	224.000

	ADr	T. Terciario	TOTAL
Agua regenerada	224.000	212.537,79	436.537,79

Obtención de agua regenerada	
Agua Regenerada (AR)	436.537,79
Metros cúbicos depurados	1.600.000
Coste unitario (Cur)	0,27 €/m³

3.4.7.2. SIMULACIÓN 2: Consideración de la actividad “Tratamiento de Fangos” como principal

En el caso de considerar como principal la actividad de “Tratamiento de Fangos” el coste de las actividades principales quedaría según se muestra en el cuadro siguiente:

	Tpr	Tp	Ts	Tf	TOTAL
Agua depurada (AD)	497.711,68	302.335,47	514.858,71	1.140.658,24	2.455.564,1

Siendo, Tf la actividad “Tratamiento de Fangos”.

Observamos a raíz de los resultados obtenidos como el coste total no varía al no haber modificaciones en lo que respecta al importe de los costes y del caudal a tratar.

La gran aportación de este enfoque es la consideración del fango como subproducto que puede ser objeto de negocio y al que se le puede calcular un coste.

Tratamiento de fango	1.140.658,24
Kilogramos de fango seco obtenido	6.132.000
Coste unitario por kilogramo de fango seco obtenido	0,18 €/kilogramo

Con el fin de obtener un valor más exacto habría que añadir el coste del tratamiento posterior al que se debe someter el fango una vez seco, según el aprovechamiento que se le quiera dar, que como ya hemos visto, puede ser agricultura, construcción,...

3.4.7.3. SIMULACIÓN 3: Consideración de la actividad “Cogeneración” como principal

Esta opción permitirá calcular el coste que le supone a la empresa generar energía, con el fin de hacer estudios comparativos en relación con la adquisición de energía a una compañía externa y como posible output capaz de ser vendido al exterior.

	Tpr	Tp	Ts	C	TOTAL
Agua depurada (AD)	497.711,68	679.578,95	1.215.453.75	62.819,71	2.455.638,34

Siendo C la actividad “Cogeneración”.

Tal y como ya indicábamos en el apartado 3.4.5.4 de este Capítulo la Cogeneración podría suponer un ahorro estimado de energía de un 10% del total variable consumido, que podríamos cuantificar en 1.267.280 kw al año, por lo tanto el coste unitario del kilovatio generado se calculará según figura a continuación:

Cogeneración	62.819,71
Kilovatios generados al año	1.267.280
Coste unitario por kilovatio de energía generada	0,05 €/kilovatio

Anexo 3.1:

Relación de actividades

Proceso: Sin asignar

Nombre	Tipo de actividad	Período	Portador de la actividad	Nº P. Estimados	Nº P. Reales	Desviación
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	Anual	Toneladas de fango bruto obtenido	8.760,00		
Gestión de Residuos	Auxiliar	Anual	Toneladas de residuos generados (sólidos y fango seco)	6.570,00		
Análisis y ensayos	Auxiliar	Anual	Horas de trabajo	1.720,00		
Gestión del Gas	Auxiliar	Anual	Toneladas de fango deshidratado obtenido	6.132,00		
Desodorización	Auxiliar	Anual	Toneladas de residuo generado (sólidos y fango bruto)	9.198,00		
Cogeneración	Auxiliar	Anual	Toneladas de fango deshidratado obtenido	6.132,00		
Mantenimiento y conser	Auxiliar	Anual	Horas de trabajo	8.760,00		
Bombeo	Auxiliar	Anual	Kilovatios de potencia contratada en equipos de bombeo	1.647,00		

Proceso: Obtención de agua depurada

Nombre	Tipo de actividad	Período	Portador de la actividad	Nº P. Estimados	Nº P. Reales	Desviación
Pretratamiento	Principal Operativa	Anual	Nº de veces que se repite la actividad al año	29.200,00		
Tratamiento Primario	Principal Operativa	Anual	Nº de veces que se repite la actividad al año	2.190,00		
Tratamiento Secundario	Principal Operativa	Anual	Nº de veces que se repite la actividad al año	1.460,00		

Proceso: Obtención de agua regenerada

Nombre	Tipo de actividad	Período	Portador de la actividad	Nº P. Estimados	Nº P. Reales	Desviación
Tratamiento Terciario	Principal Operativa	Anual	Nº de veces que se repite la actividad al año	3.285,00		

Proceso: Común

Nombre	Tipo de actividad	Período	Portador de la actividad	Nº P. Estimados	Nº P. Reales	Desviación
Gestión Administrativa	Principal No operativa	Anual	Horas de trabajo	1.720,00		

Anexo 3.2:

Relación de Recursos

Nombre	Cantidad	Periodo	Portador del Recurso	Nº P. Estimados	Inversión estimada	Coste por Portador
Tipo de Recurso: Inmovilizado						
Amarrios eléctricos en baja tensión	0	Anual	Potencia instalada	3.300,72	19.000,00	5,76
Cableado a receptores en baja tensión	0	Anual	Metros lineales	17.500,00	14.000,00	0,80
Drenajes	0	Anual	Número de unidades	3,00	8.400,00	2.800,00
Edificios de control	0	Anual	Metros cuadrados edificados	2.400,00	19.500,00	8,13
Equipo bombeo de fangos	0	Anual	Toneladas de fango bruto	8.760,00	10.600,00	1,21
Equipo de acometida en media tensión	0	Anual	Potencia instalada	3.300,72	10.000,00	3,03
Equipo de elevación del agua bruta	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	23.000,00	0,58
Equipo de seguridad, laboratorio y taller	0	Anual	Número de unidades	100,00	4.400,00	44,00
Equipo decantación primaria	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	17.000,00	0,43
Equipo decantación secundaria	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	24.800,00	0,62
Equipo deshidratación de fangos	0	Anual	Toneladas de fango bruto	8.760,00	9.600,00	1,10
Equipo digestión de fangos	0	Anual	Toneladas de fango bruto	8.760,00	11.200,00	1,28
Equipo espesamiento de fangos	0	Anual	Toneladas de fango bruto	8.760,00	7.600,00	0,87
Equipo flotación de fangos	0	Anual	Toneladas de fango bruto	8.760,00	5.800,00	0,66
Equipo línea de gas	0	Anual	Porcentaje generado	100,00	6.600,00	66,00
Equipo pretratamiento	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	16.400,00	0,41
Equipo servicios auxiliares	0	Anual	Número de unidades	100,00	9.600,00	96,00
Equipo tratamiento biológico	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	70.000,00	1,75
Equipos de control	0	Anual	Metros cuadrados edificados	2.400,00	15.000,00	6,25
Equipos eléctricos	0	Anual	Potencia instalada	3.300,72	11.600,00	3,51
Equipos terciario	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	4.500,00	60.000,00	13,33
Instalación de alumbrado, tierras y otros	0	Anual	Metros cuadrados de superficie	45.000,00	4.800,00	0,11
Instrumentación	0	Anual	Número de unidades	100,00	18.000,00	180,00
Movimiento general de tierras	0	Anual	Metros cuadrados de superficie	45.000,00	28.000,00	0,62
Obra de llegada y prettratamiento	0	Anual	Metros cuadrados de superficie	10.000,00	4.000,00	0,40

Anexo 3.2:

Relación de Recursos

Nombre	Cantidad	Periodo	Portador del Recurso	Nº P. Estimados	Inversión estimada	Coste por Portador
Obra decantación primaria	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	8.000,00	0,20
Obra decantación secundaria	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	12.400,00	0,31
Obra desarenado y separación de flotantes	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	2.300,00	0,06
Obra digestión de fangos	0	Anual	Toneladas de fango bruto	8.760,00	10.500,00	1,20
Obra espesado y almacenamiento de fangos	0	Anual	Toneladas de fango bruto	8.760,00	2.500,00	0,29
Obra tratamiento biológico	0	Anual	Metros cúbicos tratados al día	40.000,00	30.000,00	0,75
Urbanización, servicios, cerramientos y otros	0	Anual	Metros cuadrados de superficie	45.000,00	17.000,00	0,38
					511.600,00	

Tipo de Recurso: Mano de obra

Personal de administración	2	Anual	Número de horas	1.720,00	60.579,00	35,22
Personal de explotación	14	Anual	Número de horas	8.760,00	424.055,00	48,41
Personal de laboratorio	1	Anual	Número de horas	1.720,00	30.290,00	17,61
Personal de mantenimiento	12	Anual	Número de horas	8.760,00	363.476,00	41,49
					878.400,00	

Tipo de Recurso: Productos de tratamiento

Ácido clorhídrico	0	Anual	Número de kilogramos	15.200,00	4.560,00	0,30
Ácido sulfúrico	0	Anual	Número de kilogramos	26.580,00	6.645,00	0,25
Anticrustante	0	Anual	Número de kilogramos	130,00	195,00	1,50
Hipoclorito sódico	0	Anual	Número de kilogramos	112.860,00	28.215,00	0,25
Microfiltros	0	Anual	Número de unidades	700,00	7.000,00	10,00
PHC	0	Anual	Número de kilogramos	6.800,00	3.400,00	0,50
Polielectrolito aniónico	0	Anual	Número de kilogramos	300,00	1.200,00	4,00
Polielectrolito catiónico	0	Anual	Número de kilogramos	13.230,00	52.920,00	4,00
Productos de limpieza	0	Anual	Número de unidades	100,00	200,00	2,00
Reactivos y fungibles	0	Anual	Número de unidades	1.000,00	7.200,00	7,20

Anexo 3.2:

Relación de Recursos

Nombre	Cantidad	Periodo	Portador del Recurso	Nº P. Estimados	Inversión estimada	Coste por Portador
Sal común	0	Anual	Número de kilogramos	34.600,00	5.190,00	0,15
Sosa cáustica	0	Anual	Número de kilogramos	35.000,00	12.250,00	0,35
					128.975,00	
Tipo de Recurso: Energía						
Energía fija Buenos Aires	0	Anual	Potencia contratada	11.400,00	44.123,70	3,87
Energía fija Los Llanos	0	Anual	Potencia contratada	9.600,00	18.059,52	1,88
Energía variable Buenos Aires	0	Anual	Número de kilovatios	11.528.928,00	471.960,00	0,04
Energía variable Los Llanos	0	Anual	Número de kilovatios	4.464.828,00	281.284,16	0,06
					815.427,38	
Tipo de Recurso: Transporte y canon						
Evacuación de detritus y arenas	0	Anual	Toneladas de sólidos	292,00	17.000,00	58,22
Evacuación de fangos secos	0	anual	Toneladas de fango seco	6.132,00	180.000,00	29,35
Evacuación de flotantes	0	Anual	Toneladas de sólidos	146,00	9.500,00	65,07
					206.500,00	
Tipo de Recurso: Conservación y mantenimiento						
Aceites y grasas	0	Anual	Número de litros	100,00	600,00	6,00
Desratización	0	Anual	Metros cuadrados de superficie	45.000,00	350,00	0,01
Instrumentación y automatismo	0	Anual	Número de unidades	1.200,00	9.000,00	7,50
Jardinería	0	Anual	Metros cuadrados de superficie	45.000,00	1.560,00	0,03
Mantenimiento calderas	0	Anual	Número de unidades	2,00	900,00	450,00
Mantenimiento centrifugas deshidratación	0	Anual	Número de unidades	2,00	5.000,00	2.500,00
Mantenimiento extintores	0	Anual	Número de unidades	10,00	150,00	15,00
Mantenimiento soplantes	0	Anual	Número de unidades	3,00	3.000,00	1.000,00
Mantenimiento transformador	0	Anual	Número de unidades	1,00	450,00	450,00
Mantenimiento turbocompresores	0	Anual	Número de unidades	6,00	9.000,00	1.500,00

Anexo 3.2:

Relación de Recursos

Nombre	Cantidad	Periodo	Portador del Recurso	Nº P. Estimados	Inversión estimada	Coste por Portador
Pequeños recambios y materiales fungibles	0	Anual	Número de repuestos	3.200,00	20.500,00	6,41
Reparaciones obra civil	0	Anual	Número de horas	1.200,00	5.670,00	4,73
Repuestos eléctricos	0	Anual	Número de repuestos	2.500,00	10.000,00	4,00
Repuestos mecánicos	0	Anual	Número de repuestos	5.000,00	28.000,00	5,60
Restauración pintura edificios	0	Anual	Metros lineales	2.000,00	3.780,00	1,89
Restauración pintura equipos	0	Anual	Metros lineales	5.000,00	6.300,00	1,26
					104.260,00	

Tipo de Recurso: Otros servicios

Combustible	0	Anual	Número de litros	2.350,00	950,00	0,40
Material de oficina	0	Anual	Número de entregas	18,00	350,00	19,44
Mensajería	0	Anual	Número de entregas	128,00	250,00	1,95
Teléfonos fijos y fax	0	Anual	Nº de horas en llamadas	890,00	350,00	0,39
Teléfonos móviles	0	Anual	Nº de horas en llamadas	1.230,00	950,00	0,77
Transportes	0	Anual	Número de viajes	104,00	4.375,00	42,07
					7.225,00	

Tipo de Recurso: Sociales

Análisis exteriores	0	Anual	Número de unidades	100,00	2.800,00	28,00
Certificación ISO 14000	0	Anual	Número de unidades	100,00	2.600,00	26,00
Programas de vigilancia ambiental	0	Anual	Número de unidades	100,00	6.500,00	65,00
Seguridad y salud	0	Anual	Número de unidades	100,00	152.600,00	1.526,00
					164.500,00	

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Tipo de Recurso: Inmovilizado

Armarios eléctricos en baja tensión

Portador de coste: Potencia instalada
Total portador de coste estimado: 3.300,72

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Desodorización	171,60	
Mantenimiento y conservación	20,00	
Pretratamiento	1.361,13	
Tratamiento de Fangos	747,33	
Tratamiento Secundario	894,60	
Tratamiento Terciario	106,06	
	3.300,72	Desviación: 0,00

Cableado a receptores en baja tensión

Portador de coste: Metros lineales
Total portador de coste estimado: 17.500,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Bombeo	5.800,00	
Desodorización	1.600,00	
Pretratamiento	1.400,00	
Tratamiento de Fangos	1.500,00	
Tratamiento Primario	3.100,00	
Tratamiento Secundario	3.100,00	
Tratamiento Terciario	1.000,00	
	17.500,00	Desviación: 0,00

Drenajes

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 3,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Pretratamiento	1,00	
Tratamiento Primario	1,00	
Tratamiento Secundario	1,00	
	3,00	Desviación: 0,00

Edificios de control

Portador de coste: Metros cuadrados edificados
Total portador de coste estimado: 2.400,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Análisis y ensayos	200,00	
Bombeo	50,00	
Cogeneración	50,00	

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Desodorización	50,00	
Gestión Administrativa	350,00	
Gestión de Residuos	100,00	
Gestión del Gas	50,00	
Pretratamiento	200,00	
Tratamiento de Fangos	400,00	
Tratamiento Primario	200,00	
Tratamiento Secundario	550,00	
Tratamiento Terciario	200,00	
	2.400,00	Desviación: 0,00

Equipo bombeo de fangos

Portador de coste: Toneladas de fango bruto
Total portador de coste estimado: 8.760,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Bombeo	8.760,00	
	8.760,00	Desviación: 0,00

Equipo de acometida en media tensión

Portador de coste: Potencia instalada
Total portador de coste estimado: 3.300,72

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Desodorización	171,60	
Mantenimiento y conservación	20,00	
Pretratamiento	1.361,13	
Tratamiento de Fangos	747,33	
Tratamiento Secundario	894,60	
Tratamiento Terciario	106,06	
	3.300,72	Desviación: 0,00

Equipo de elevación del agua bruta

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día
Total portador de coste estimado: 40.000,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Pretratamiento	40.000,00	
	40.000,00	Desviación: 0,00

Equipo de seguridad, laboratorio y taller

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Mantenimiento y conservación	100,00	
	100,00	Desviación: 0,00

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Equipo decantación primaria

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día

Total portador de coste estimado: 40.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento Primario	40.000,00		
	40.000,00	Desviación:	0,00

Equipo decantación secundaria

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día

Total portador de coste estimado: 40.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento Secundario	40.000,00		
	40.000,00	Desviación:	0,00

Equipo deshidratación de fangos

Portador de coste: Toneladas de fango bruto

Total portador de coste estimado: 8.760,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento de Fangos	8.760,00		
	8.760,00	Desviación:	0,00

Equipo digestión de fangos

Portador de coste: Toneladas de fango bruto

Total portador de coste estimado: 8.760,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento de Fangos	8.760,00		
	8.760,00	Desviación:	0,00

Equipo espesamiento de fangos

Portador de coste: Toneladas de fango bruto

Total portador de coste estimado: 8.760,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento de Fangos	8.760,00		
	8.760,00	Desviación:	0,00

Equipo flotación de fangos

Portador de coste: Toneladas de fango bruto

Total portador de coste estimado: 8.760,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento de Fangos	8.760,00		

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

8.760,00

Desviación: 0,00

Equipo línea de gas

Portador de coste: Porcentaje generado

Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Gestión del Gas	100,00	
	100,00	Desviación: 0,00

Equipo pretratamiento

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día

Total portador de coste estimado: 40.000,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Pretratamiento	40.000,00	
	40.000,00	Desviación: 0,00

Equipo servicios auxiliares

Portador de coste: Número de unidades

Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Mantenimiento y conservación	100,00	
	100,00	Desviación: 0,00

Equipo tratamiento biológico

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día

Total portador de coste estimado: 40.000,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Tratamiento Secundario	40.000,00	
	40.000,00	Desviación: 0,00

Equipos de control

Portador de coste: Metros cuadrados edificados

Total portador de coste estimado: 2.400,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Análisis y ensayos	200,00	
Bombeo	50,00	
Cogeneración	50,00	
Desodorización	50,00	
Gestión Administrativa	350,00	
Gestión de Residuos	100,00	
Gestión del Gas	50,00	
Pretratamiento	200,00	

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Tratamiento de Fangos	400,00	
Tratamiento Primario	200,00	
Tratamiento Secundario	550,00	
Tratamiento Terciario	200,00	
	2.400,00	Desviación: 0,00

Equipos eléctricos

Portador de coste: Potencia instalada
Total portador de coste estimado: 3.300,72

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Desodorización	171,60	
Mantenimiento y conservación	20,00	
Pretratamiento	1.361,13	
Tratamiento de Fangos	747,33	
Tratamiento Secundario	894,60	
Tratamiento Terciario	106,06	
	3.300,72	Desviación: 0,00

Equipos terciario

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día
Total portador de coste estimado: 4.500,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Tratamiento Terciario	4.500,00	
	4.500,00	Desviación: 0,00

Instalación de alumbrado, tierras y otros

Portador de coste: Metros cuadrados de superficie
Total portador de coste estimado: 45.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Pretratamiento	8.000,00	
Tratamiento de Fangos	4.000,00	
Tratamiento Primario	10.000,00	
Tratamiento Secundario	15.000,00	
Tratamiento Terciario	8.000,00	
	45.000,00	Desviación: 0,00

Instrumentación

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 100,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Mantenimiento y conservación	100,00	
	100,00	Desviación: 0,00

Movimiento general de tierras

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Portador de coste: Metros cuadrados de superficie

Total portador de coste estimado: 45.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Pretratamiento	8.000,00	
Tratamiento de Fangos	4.000,00	
Tratamiento Primario	10.000,00	
Tratamiento Secundario	15.000,00	
Tratamiento Terciario	8.000,00	
	45.000,00	Desviación: 0,00

Obra de llegada y pretratamiento

Portador de coste: Metros cuadrados de superficie

Total portador de coste estimado: 10.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Pretratamiento	10.000,00	
	10.000,00	Desviación: 0,00

Obra decantación primaria

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día

Total portador de coste estimado: 40.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Tratamiento Primario	40.000,00	
	40.000,00	Desviación: 0,00

Obra decantación secundaria

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día

Total portador de coste estimado: 40.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Tratamiento Secundario	40.000,00	
	40.000,00	Desviación: 0,00

Obra desarenado y separación de flotantes

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día

Total portador de coste estimado: 40.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Pretratamiento	40.000,00	
	40.000,00	Desviación: 0,00

Obra digestión de fangos

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Portador de coste: Toneladas de fango bruto
Total portador de coste estimado: 8.760,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Tratamiento de Fangos	8.760,00	
	8.760,00	Desviación: 0,00

Obra espesado y almacenamiento de fangos

Portador de coste: Toneladas de fango bruto
Total portador de coste estimado: 8.760,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Tratamiento de Fangos	8.760,00	
	8.760,00	Desviación: 0,00

Obra tratamiento biológico

Portador de coste: Metros cúbicos tratados al día
Total portador de coste estimado: 40.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Tratamiento Secundario	40.000,00	
	40.000,00	Desviación: 0,00

Urbanización, servicios, cerramientos y otros

Portador de coste: Metros cuadrados de superficie
Total portador de coste estimado: 45.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Pretratamiento	8.000,00	
Tratamiento de Fangos	4.000,00	
Tratamiento Primario	10.000,00	
Tratamiento Secundario	15.000,00	
Tratamiento Terciario	8.000,00	
	45.000,00	Desviación: 0,00

Tipo de Recurso: Mano de obra

Personal de administración

Portador de coste: Número de horas
Total portador de coste estimado: 1.720,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Gestión Administrativa	1.720,00	
	1.720,00	Desviación: 0,00

Personal de explotación

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Portador de coste: Número de horas
Total portador de coste estimado: 8.760,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Bombeo	438,00	
Cogeneración	438,00	
Desodorización	438,00	
Gestión de Residuos	876,00	
Gestión del Gas	438,00	
Pretratamiento	870,00	
Tratamiento de Fangos	1.752,00	
Tratamiento Primario	1.054,00	
Tratamiento Secundario	1.580,00	
Tratamiento Terciario	876,00	
	8.760,00	Desviación: 0,00

Personal de laboratorio

Portador de coste: Número de horas
Total portador de coste estimado: 1.720,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Análisis y ensayos	1.720,00	
	1.720,00	Desviación: 0,00

Personal de mantenimiento

Portador de coste: Número de horas
Total portador de coste estimado: 8.760,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Mantenimiento y conservación	8.760,00	
	8.760,00	Desviación: 0,00

Tipo de Recurso: Productos de tratamiento

Ácido clorhídrico

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 15.200,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Tratamiento Terciario	15.200,00	
	15.200,00	Desviación: 0,00

Ácido sulfúrico

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 26.580,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
------------------	--	--

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Desodorización	780,00		
Tratamiento Terciario	25.800,00		
	26.580,00	Desviación:	0,00

Anticrustante

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 130,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento Terciario	130,00		
	130,00	Desviación:	0,00

Hipoclorito sódico

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 112.860,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Desodorización	48.360,00		
Tratamiento Terciario	64.500,00		
	112.860,00	Desviación:	0,00

Microfiltros

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 700,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento Terciario	700,00		
	700,00	Desviación:	0,00

PHC

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 6.800,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento Terciario	6.800,00		
	6.800,00	Desviación:	0,00

Polielectrolito aniónico

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 300,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento Terciario	300,00		
	300,00	Desviación:	0,00

Polielectrolito catiónico

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 13.230,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Tratamiento de Fangos	13.230,00	
	13.230,00	Desviación: 0,00

Productos de limpieza

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Mantenimiento y conservación	100,00	
	100,00	Desviación: 0,00

Reactivos y fungibles

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 1.000,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Análisis y ensayos	1.000,00	
	1.000,00	Desviación: 0,00

Sal común

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 34.600,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Tratamiento Terciario	34.600,00	
	34.600,00	Desviación: 0,00

Sosa cáustica

Portador de coste: Número de kilogramos
Total portador de coste estimado: 35.000,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Cogeneración	18.300,00	
Desodorización	16.700,00	
	35.000,00	Desviación: 0,00

Tipo de Recurso: Energía

Energía fija Buenos Aires

Portador de coste: Potencia contratada
Total portador de coste estimado: 11.400,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
------------------	--	--

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Desodorización	960,00	
Tratamiento de Fangos	1.800,00	
Tratamiento Primario	3.720,00	
Tratamiento Secundario	3.720,00	
Tratamiento Terciario	1.200,00	
	11.400,00	Desviación: 0,00

Energía fija Los Llanos

Portador de coste: Potencia contratada
Total portador de coste estimado: 9.600,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Bombeo	6.960,00	
Desodorización	960,00	
Pretratamiento	1.680,00	
	9.600,00	Desviación: 0,00

Energía variable Buenos Aires

Portador de coste: Número de kilovatios
Total portador de coste estimado: 11.528.928,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Bombeo	3.320.928,00	
Desodorización	691.200,00	
Tratamiento de Fangos	1.296.000,00	
Tratamiento Primario	2.678.400,00	
Tratamiento Secundario	2.678.400,00	
Tratamiento Terciario	864.000,00	
	11.528.928,00	Desviación: 0,00

Energía variable Los Llanos

Portador de coste: Número de kilovatios
Total portador de coste estimado: 4.464.828,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Bombeo	3.313.968,00	
Desodorización	691.200,00	
Pretratamiento	459.660,00	
	4.464.828,00	Desviación: 0,00

Tipo de Recurso: Transporte y canon

Evacuación de detritus y arenas

Portador de coste: Tonelas de sólidos
Total portador de coste estimado: 292,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Gestión de Residuos	292,00	

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

292,00 Desviación: 0,00

Evacuación de fangos secos

Portador de coste: Toneladas de fango seco
Total portador de coste estimado: 6.132,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Gestión de Residuos	6.132,00	
	6.132,00	Desviación: 0,00

Evacuación de flotantes

Portador de coste: Tonelas de sólidos
Total portador de coste estimado: 146,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Gestión de Residuos	146,00	
	146,00	Desviación: 0,00

Tipo de Recurso: Conservación y mantenimiento

Aceites y grasas

Portador de coste: Número de litros
Total portador de coste estimado: 100,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Mantenimiento y conservación	100,00	
	100,00	Desviación: 0,00

Desratización

Portador de coste: Metros cuadrados de superficie
Total portador de coste estimado: 45.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Mantenimiento y conservación	45.000,00	
	45.000,00	Desviación: 0,00

Instrumentación y automatismo

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 1.200,00

Actividad	Consumo de portador por actividad	
Mantenimiento y conservación	1.200,00	
	1.200,00	Desviación: 0,00

Jardinería

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Portador de coste: Metros cuadrados de superficie

Total portador de coste estimado: 45.000,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Mantenimiento y conservación	45.000,00		
	45.000,00	Desviación:	0,00

Mantenimiento calderas

Portador de coste: Número de unidades

Total portador de coste estimado: 2,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Tratamiento de Fangos	2,00		
	2,00	Desviación:	0,00

Mantenimiento centrifugas deshidratación

Portador de coste: Número de unidades

Total portador de coste estimado: 2,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Tratamiento de Fangos	2,00		
	2,00	Desviación:	0,00

Mantenimiento extintores

Portador de coste: Número de unidades

Total portador de coste estimado: 10,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Mantenimiento y conservación	10,00		
	10,00	Desviación:	0,00

Mantenimiento soplantes

Portador de coste: Número de unidades

Total portador de coste estimado: 3,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Tratamiento Secundario	3,00		
	3,00	Desviación:	0,00

Mantenimiento transformador

Portador de coste: Número de unidades

Total portador de coste estimado: 1,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Mantenimiento y conservación	1,00		
	1,00	Desviación:	0,00

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Mantenimiento turbocompresores

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 6,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Tratamiento Secundario	6,00		
	6,00	Desviación:	0,00

Pequeños recambios y materiales fungibles

Portador de coste: Número de repuestos
Total portador de coste estimado: 3.200,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Mantenimiento y conservación	3.200,00		
	3.200,00	Desviación:	0,00

Reparaciones obra civil

Portador de coste: Número de horas
Total portador de coste estimado: 1.200,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Mantenimiento y conservación	1.200,00		
	1.200,00	Desviación:	0,00

Repuestos eléctricos

Portador de coste: Número de repuestos
Total portador de coste estimado: 2.500,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Mantenimiento y conservación	2.500,00		
	2.500,00	Desviación:	0,00

Repuestos mecánicos

Portador de coste: Número de repuestos
Total portador de coste estimado: 5.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Mantenimiento y conservación	5.000,00		
	5.000,00	Desviación:	0,00

Restauración pintura edificios

Portador de coste: Metros lineales
Total portador de coste estimado: 2.000,00

Actividad	Consumo de portador por actividad		
Mantenimiento y conservación	2.000,00		

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

2.000,00 Desviación: 0,00

Restauración pintura equipos

Portador de coste: Metros lineales
Total portador de coste estimado: 5.000,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Mantenimiento y conservación	5.000,00	
	5.000,00	Desviación: 0,00

Tipo de Recurso: Otros servicios

Combustible

Portador de coste: Número de litros
Total portador de coste estimado: 2.350,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Mantenimiento y conservación	2.350,00	
	2.350,00	Desviación: 0,00

Material de oficina

Portador de coste: Número de entregas
Total portador de coste estimado: 18,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Gestión Administrativa	18,00	
	18,00	Desviación: 0,00

Mensajería

Portador de coste: Número de entregas
Total portador de coste estimado: 128,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Gestión Administrativa	128,00	
	128,00	Desviación: 0,00

Teléfonos fijos y fax

Portador de coste: N° de horas en llamadas
Total portador de coste estimado: 890,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>	
Gestión Administrativa	890,00	
	890,00	Desviación: 0,00

Teléfonos móviles

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

Portador de coste: N°de horas en llamadas
Total portador de coste estimado: 1.230,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Gestión Administrativa	1.230,00		
	1.230,00	Desviación:	0,00

Transportes

Portador de coste: Número de viajes
Total portador de coste estimado: 104,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Mantenimiento y conservación	104,00		
	104,00	Desviación:	0,00

Tipo de Recurso: Sociales

Análisis exteriores

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Análisis y ensayos	100,00		
	100,00	Desviación:	0,00

Certificación ISO 14000

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Gestión Administrativa	100,00		
	100,00	Desviación:	0,00

Programas de vigilancia ambiental

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Análisis y ensayos	100,00		
	100,00	Desviación:	0,00

Seguridad y salud

Portador de coste: Número de unidades
Total portador de coste estimado: 100,00

<i>Actividad</i>	<i>Consumo de portador por actividad</i>		
Mantenimiento y conservación	100,00		

Anexo 3.3:

Desviación portadores de recursos

100,00

Desviación: 0,00

Anexo 3.4:

Recursos consumidos por actividad

Actividad: Análisis y ensayos

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Análisis exteriores	Directo	Variable	100	28,00	2.800,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	200	8,13	1.625,00
Equipos de control	Indirecto	Fijo	200	6,25	1.250,00
Personal de laboratorio	Directo	Fijo	1.720	17,61	30.289,89
Programas de vigilancia ambiental	Directo	Fijo	100	65,00	6.500,00
Reactivos y fungibles	Directo	Variable	1.000	7,20	7.200,00
					49.664,89

Actividad: Bombeo

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Cableado a receptores en baja tensión	Indirecto	Fijo	5.800	0,80	4.640,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	50	8,13	406,25
Energía fija Los Llanos	Indirecto	Fijo	6.960	1,88	13.093,15
Energía variable Buenos Aires	Indirecto	Variable	3.320.928	0,04	135.825,96
Energía variable Los Llanos	Indirecto	Variable	3.313.968	0,06	208.779,98
Equipo bombeo de fangos	Directo	Fijo	8.760	1,21	10.599,60
Equipos de control	Indirecto	Fijo	50	6,25	312,50
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	438	48,41	21.202,75
					394.860,19

Actividad: Cogeneración

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Edificios de control	Indirecto	Fijo	50	8,13	406,25
Equipos de control	Indirecto	Fijo	50	6,25	312,50
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	438	48,41	21.202,75
Sosa cáustica	Directo	Variable	18.300	0,35	6.405,00
					28.326,50

Anexo 3.4:

Recursos consumidos por actividad

Actividad: Desodorización

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Ácido sulfúrico	Directo	Variable	780	0,25	195,00
Armarios eléctricos en baja tensión	Indirecto	Fijo	172	5,76	987,78
Cableado a receptores en baja tensión	Indirecto	Fijo	1.600	0,80	1.280,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	50	8,13	406,25
Energía fija Buenos Aires	Indirecto	Fijo	960	3,87	3.715,68
Energía fija Los Llanos	Indirecto	Fijo	960	1,88	1.805,95
Energía variable Buenos Aires	Indirecto	Variable	691.200	0,04	28.270,08
Energía variable Los Llanos	Indirecto	Variable	691.200	0,06	43.545,60
Equipo de acometida en media tensión	Indirecto	Fijo	172	3,03	519,88
Equipos de control	Indirecto	Fijo	50	6,25	312,50
Equipos eléctricos	Indirecto	Fijo	172	3,51	603,05
Hipoclorito sódico	Directo	Variable	48.360	0,25	12.090,00
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	438	48,41	21.202,75
Sosa cáustica	Directo	Variable	16.700	0,35	5.845,00
					120.779,52

Actividad: Gestión Administrativa

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Certificación ISO 14000	Directo	Fijo	100	26,00	2.600,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	350	8,13	2.843,75
Equipos de control	Indirecto	Fijo	350	6,25	2.187,50
Material de oficina	Directo	Variable	18	19,44	350,00
Mensajería	Directo	Variable	128	1,95	250,00
Personal de administración	Directo	Fijo	1.720	35,22	60.578,92
Teléfonos fijos y fax	Directo	Variable	890	0,39	349,95
Teléfonos móviles	Directo	Variable	1.230	0,77	949,93
					70.110,04

Actividad: Gestión de Residuos

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Edificios de control	Indirecto	Fijo	100	8,13	812,50
Equipos de control	Indirecto	Fijo	100	6,25	625,00
Evacuación de detritus y arenas	Directo	Variable	292	58,22	16.999,98
Evacuación de fangos secos	Directo	Variable	6.132	29,35	179.999,95
Evacuación de flotantes	Directo	Variable	146	65,07	9.499,99
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	876	48,41	42.405,50
					250.342,91

Anexo 3.4:

Recursos consumidos por actividad

Actividad: Gestión del Gas

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Edificios de control	Indirecto	Fijo	50	8,13	406,25
Equipo línea de gas	Directo	Fijo	100	66,00	6.600,00
Equipos de control	Indirecto	Fijo	50	6,25	312,50
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	438	48,41	21.202,75
					28.521,50

Actividad: Mantenimiento y conservación

Recurso	Clasificación		Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Aceites y grasas	Directo	Fijo	100	6,00	600,00
Armarios eléctricos en baja tensión	Indirecto	Fijo	20	5,76	115,13
Combustible	Directo	Variable	2.350	0,40	949,87
Desratización	Directo	Fijo	45.000	0,01	346,50
Equipo de acometida en media tensión	Indirecto	Fijo	20	3,03	60,59
Equipo de seguridad, laboratorio y taller	Directo	Fijo	100	44,00	4.400,00
Equipo servicios auxiliares	Directo	Fijo	100	96,00	9.600,00
Equipos eléctricos	Indirecto	Fijo	20	3,51	70,29
Instrumentación	Directo	Fijo	100	180,00	18.000,00
Instrumentación y automatismo	Directo	Fijo	1.200	7,50	9.000,00
Jardinería	Directo	Fijo	45.000	0,03	1.557,00
Mantenimiento extintores	Directo	Fijo	10	15,00	150,00
Mantenimiento transformador	Directo	Fijo	1	450,00	450,00
Pequeños recambios y materiales fungibles	Directo	Fijo	3.200	6,41	20.499,84
Personal de mantenimiento	Directo	Fijo	8.760	41,49	363.475,18
Productos de limpieza	Directo	Fijo	100	2,00	200,00
Reparaciones obra civil	Directo	Variable	1.200	4,73	5.670,00
Repuestos eléctricos	Directo	Fijo	2.500	4,00	10.000,00
Repuestos mecánicos	Directo	Fijo	5.000	5,60	28.000,00
Restauración pintura edificios	Directo	Fijo	2.000	1,89	3.780,00
Restauración pintura equipos	Directo	Fijo	5.000	1,26	6.300,00
Seguridad y salud	Directo	Fijo	100	1.526,00	152.600,00
Transportes	Directo	Variable	104	42,07	4.375,00
					640.199,39

Anexo 3.4:

Recursos consumidos por actividad

Actividad: Pretratamiento

Recurso	Clasificación	Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total	
Armarios eléctricos en baja tensión	Indirecto	Fijo	1.361	5,76	7.835,07
Cableado a receptores en baja tensión	Indirecto	Fijo	1.400	0,80	1.120,00
Drenajes	Indirecto	Fijo	1	2.800,00	2.800,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	200	8,13	1.625,00
Energía fija Los Llanos	Indirecto	Fijo	1.680	1,88	3.160,42
Energía variable Los Llanos	Indirecto	Variable	459.660	0,06	28.958,58
Equipo de acometida en media tensión	Indirecto	Fijo	1.361	3,03	4.123,68
Equipo de elevación del agua bruta	Directo	Fijo	40.000	0,58	23.000,00
Equipo pretratamiento	Directo	Fijo	40.000	0,41	16.400,00
Equipos de control	Indirecto	Fijo	200	6,25	1.250,00
Equipos eléctricos	Indirecto	Fijo	1.361	3,51	4.783,42
Instalación de alumbrado, tierras y otros	Indirecto	Fijo	8.000	0,11	852,80
Movimiento general de tierras	Indirecto	Fijo	8.000	0,62	4.977,60
Obra de llegada y pretratamiento	Directo	Fijo	10.000	0,40	4.000,00
Obra desarenado y separación de flotantes	Directo	Fijo	40.000	0,06	2.300,00
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	870	48,41	42.115,05
Urbanización, servicios, cerramientos y otros	Indirecto	Fijo	8.000	0,38	3.021,60
					152.323,21

Anexo 3.4:

Recursos consumidos por actividad

Actividad: Tratamiento de Fangos

Recurso	Clasificación		N° P. Actividad	Coste/Portador	Total
Armarios eléctricos en baja tensión	Indirecto	Fijo	747	5,76	4.301,86
Cableado a receptores en baja tensión	Indirecto	Fijo	1.500	0,80	1.200,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	400	8,13	3.250,00
Energía fija Buenos Aires	Indirecto	Fijo	1.800	3,87	6.966,90
Energía variable Buenos Aires	Indirecto	Variable	1.296.000	0,04	53.006,40
Equipo de acometida en media tensión	Indirecto	Fijo	747	3,03	2.264,11
Equipo deshidratación de fangos	Directo	Fijo	8.760	1,10	9.599,21
Equipo digestión de fangos	Directo	Fijo	8.760	1,28	11.199,66
Equipo espesamiento de fangos	Directo	Fijo	8.760	0,87	7.599,30
Equipo flotación de fangos	Directo	Fijo	8.760	0,66	5.800,00
Equipos de control	Indirecto	Fijo	400	6,25	2.500,00
Equipos eléctricos	Indirecto	Fijo	747	3,51	2.626,34
Instalación de alumbrado, tierras y otros	Indirecto	Fijo	4.000	0,11	426,40
Mantenimiento calderas	Directo	Fijo	2	450,00	900,00
Mantenimiento centrifugas deshidratación	Directo	Fijo	2	2.500,00	5.000,00
Movimiento general de tierras	Indirecto	Fijo	4.000	0,62	2.488,80
Obra digestión de fangos	Directo	Fijo	8.760	1,20	10.499,74
Obra espesado y almacenamiento de fangos	Directo	Fijo	8.760	0,29	2.499,23
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	1.752	48,41	84.810,99
Polielectrolito catiónico	Directo	Variable	13.230	4,00	52.920,00
Urbanización, servicios, cerramientos y otros	Indirecto	Fijo	4.000	0,38	1.510,80
					271.369,73

Actividad: Tratamiento Primario

Recurso	Clasificación		N° P. Actividad	Coste/Portador	Total
Cableado a receptores en baja tensión	Indirecto	Fijo	3.100	0,80	2.480,00
Drenajes	Indirecto	Fijo	1	2.800,00	2.800,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	200	8,13	1.625,00
Energía fija Buenos Aires	Indirecto	Fijo	3.720	3,87	14.398,26
Energía variable Buenos Aires	Indirecto	Variable	2.678.400	0,04	109.546,56
Equipo decantación primaria	Directo	Fijo	40.000	0,43	17.000,00
Equipos de control	Indirecto	Fijo	200	6,25	1.250,00
Instalación de alumbrado, tierras y otros	Indirecto	Fijo	10.000	0,11	1.066,00
Movimiento general de tierras	Indirecto	Fijo	10.000	0,62	6.222,00
Obra decantación primaria	Directo	Fijo	40.000	0,20	8.000,00
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	1.054	48,41	51.022,14
Urbanización, servicios, cerramientos y otros	Indirecto	Fijo	10.000	0,38	3.777,00
					219.186,96

Anexo 3.4:

Recursos consumidos por actividad

Actividad: Tratamiento Secundario

Recurso	Clasificación	N° P. Actividad	Coste/Portador	Total	
Armarios eléctricos en baja tensión	Indirecto	Fijo	895	5,76	5.149,59
Cableado a receptores en baja tensión	Indirecto	Fijo	3.100	0,80	2.480,00
Drenajes	Indirecto	Fijo	1	2.800,00	2.800,00
Edificios de control	Indirecto	Fijo	550	8,13	4.468,75
Energía fija Buenos Aires	Indirecto	Fijo	3.720	3,87	14.398,26
Energía variable Buenos Aires	Indirecto	Variable	2.678.400	0,04	109.546,56
Equipo de acometida en media tensión	Indirecto	Fijo	895	3,03	2.710,28
Equipo decantación secundaria	Directo	Fijo	40.000	0,62	24.800,00
Equipo tratamiento biológico	Directo	Fijo	40.000	1,75	70.000,00
Equipos de control	Indirecto	Fijo	550	6,25	3.437,50
Equipos eléctricos	Indirecto	Fijo	895	3,51	3.143,89
Instalación de alumbrado, tierras y otros	Indirecto	Fijo	15.000	0,11	1.599,00
Mantenimiento soplantes	Directo	Fijo	3	1.000,00	3.000,00
Mantenimiento turbocompresores	Directo	Fijo	6	1.500,00	9.000,00
Movimiento general de tierras	Indirecto	Fijo	15.000	0,62	9.333,00
Obra decantación secundaria	Directo	Fijo	40.000	0,31	12.400,00
Obra tratamiento biológico	Directo	Fijo	40.000	0,75	30.000,00
Personal de explotación	Indirecto	Fijo	1.580	48,41	76.484,80
Urbanización, servicios, cerramientos y otros	Indirecto	Fijo	15.000	0,38	5.665,50
					390.417,13

Anexo 3.4:

Recursos consumidos por actividad

Actividad: Tratamiento Terciario

Recurso	Clasificación	Nº P. Actividad	Coste/Portador	Total
Ácido clorhídrico	Directo Variable	15.200	0,30	4.560,00
Ácido sulfúrico	Directo Variable	25.800	0,25	6.450,00
Anticrustante	Directo Variable	130	1,50	195,00
Armarios eléctricos en baja tensión	Indirecto Fijo	106	5,76	610,51
Cableado a receptores en baja tensión	Indirecto Fijo	1.000	0,80	800,00
Edificios de control	Indirecto Fijo	200	8,13	1.625,00
Energía fija Buenos Aires	Indirecto Fijo	1.200	3,87	4.644,60
Energía variable Buenos Aires	Indirecto Variable	864.000	0,04	35.337,60
Equipo de acometida en media tensión	Indirecto Fijo	106	3,03	321,32
Equipos de control	Indirecto Fijo	200	6,25	1.250,00
Equipos eléctricos	Indirecto Fijo	106	3,51	372,73
Equipos terciario	Directo Fijo	4.500	13,33	59.999,85
Hipoclorito sódico	Directo Variable	64.500	0,25	16.125,00
Instalación de alumbrado, tierras y otros	Indirecto Fijo	8.000	0,11	852,80
Microfiltros	Directo Variable	700	10,00	7.000,00
Movimiento general de tierras	Indirecto Fijo	8.000	0,62	4.977,60
Personal de explotación	Indirecto Fijo	876	48,41	42.405,50
PHC	Directo Variable	6.800	0,50	3.400,00
Polielectrolito aniónico	Directo Variable	300	4,00	1.200,00
Sal común	Directo Variable	34.600	0,15	5.190,00
Urbanización, servicios, cerramientos y otros	Indirecto Fijo	8.000	0,38	3.021,60
				200.339,10

Anexo 3.5:

Desviación portadores de actividad

Actividad: Análisis y ensayos

Inductor de Coste: Horas de trabajo

Inductor Total Estimado: 1.720,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>
Desodorización	Auxiliar	86,00
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	340,00
Gestión de Residuos	Auxiliar	172,00
Tratamiento Terciario	Principal	174,00
Tratamiento Secundario	Principal	310,00
Tratamiento Primario	Principal	208,00
Cogeneración	Auxiliar	86,00
Bombeo	Auxiliar	86,00
Pretratamiento	Principal	172,00
Gestión del Gas	Auxiliar	86,00
		1.720,00
		Desviación: 0,00

Actividad: Bombeo

Inductor de Coste: Kilovatios de potencia contratada en equipos de bombeo

Inductor Total Estimado: 1.647,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>
Pretratamiento	Principal	950,00
Desodorización	Auxiliar	41,00
Tratamiento Terciario	Principal	82,00
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	574,00
		1.647,00
		Desviación: 0,00

Actividad: Cogeneración

Inductor de Coste: Toneladas de fango deshidratado obtenido

Inductor Total Estimado: 6.132,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	6.132,00
		6.132,00
		Desviación: 0,00

Actividad: Desodorización**Inductor de Coste:** Toneladas de residuo generado (sólidos y fango bruto)**Inductor Total Estimado:** 9.198,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>	
Pretratamiento	Principal	438,00	
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	8.760,00	
		9.198,00	Desviación: 0,00

Actividad: Gestión de Residuos**Inductor de Coste:** Toneladas de residuos generados (sólidos y fango seco)**Inductor Total Estimado:** 6.570,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>	
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	6.132,00	
Pretratamiento	Principal	438,00	
		6.570,00	Desviación: 0,00

Actividad: Gestión del Gas**Inductor de Coste:** Toneladas de fango deshidratado obtenido**Inductor Total Estimado:** 6.132,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>	
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	6.132,00	
		6.132,00	Desviación: 0,00

Actividad: Mantenimiento y conservación**Inductor de Coste:** Horas de trabajo**Inductor Total Estimado:** 8.760,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>	
Tratamiento Primario	Principal	1.056,00	
Bombeo	Auxiliar	438,00	
Cogeneración	Auxiliar	438,00	
Pretratamiento	Principal	870,00	
Desodorización	Auxiliar	438,00	
Gestión del Gas	Auxiliar	438,00	
Tratamiento Secundario	Principal	1.580,00	
Gestión de Residuos	Auxiliar	876,00	
Tratamiento de Fangos	Auxiliar	1.750,00	
Tratamiento Terciario	Principal	876,00	
		8.760,00	Desviación: 0,00

Actividad: Tratamiento de Fangos

Inductor de Coste: Toneladas de fango bruto obtenido
Inductor Total Estimado: 8.760,00

<i>Actividad receptora</i>	<i>Tipo</i>	<i>Consumo de portador</i>	
Tratamiento Primario	Principal	3.066,00	
Tratamiento Secundario	Principal	5.694,00	
		8.760,00	Desviación: 0,00



Anexo 3.6: Coste total por actividad

Tipo de actividad: Principal

Nombre	Coste
Pretratamiento	497.711,6812
Tratamiento Primario	701.565,8529
Tratamiento Secundario	1.256.286,5657
Tratamiento Terciario	290.766,9296
Gestión Administrativa	70.110,0390

Tipo de actividad: Auxiliar

Nombre	Coste
Tratamiento de Fangos	1.140.658,2406
Gestión de Residuos	319.329,3413
Análisis y ensayos	49.664,8880
Gestión del Gas	63.014,7116
Desodorización	165.963,6374
Cogeneración	62.819,7116
Mantenimiento y conservación	640.199,3892
Bombeo	429.353,4028

CAPÍTULO 4

**REFLEJO DEL COSTE DEL PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN
DE AGUAS RESIDUALES EN LA TASA DE SANEAMIENTO**

INTRODUCCIÓN

La nueva percepción del agua como activo ecosocial y las mayores exigencias, sobre todo en materia medioambiental, en todas las fases que configuran el ciclo integral del agua, están provocando cambios importantes en los esquemas de financiación de este tipo de actividades.

El aumento de los costes, a los que deben hacer frente tanto el Estado como las Comunidades Autónomas, requieren de la búsqueda de nuevos sistemas de apoyo financiero.

Para Sánchez *et al.* (2000:4) “... *la gestión eficiente del ciclo hídrico implica un uso racional de los recursos, que exige economía en el coste de la prestación y racionalidad en la fijación de las tarifas, en cuanto que éstas constituyen el indicador económico del sacrificio de recursos derivado de la obtención del agua...*”.

Sin embargo, a nivel general, podría afirmarse que “... *las entidades locales y las distintas Administraciones involucradas en el proceso de puesta a disposición de agua pública potable para el ciudadano, no repercuten casi nunca la totalidad de sus costes en los precios al cuál se le cobra el agua y el servicio al beneficiario. Suele adoptarse una cierta política proteccionista, hoy mal vista en la Unión Europea quién a través de la Directiva Marco recientemente aprobada recomienda repercutir todos los costes involucrados en la gestión del agua a los usuarios*” (Heras, 2000:10).

Concretamente en el artículo 9¹⁹⁴ de dicha Directiva Europea se reflexiona sobre la necesidad de poner en marcha sistemas de financiación dirigidos hacia la recuperación íntegra de los costes relacionados con los servicios, tanto de abastecimiento como de saneamiento de agua.

¹⁹⁴ En dicho artículo se especifica que los Estados miembros deberán garantizar, a más tardar en el 2010, que la política de precios del agua implantada proporcione los incentivos adecuados para que los usuarios utilicen los recursos hídricos de forma eficiente. Los Estados podrán tener en cuenta los efectos sociales, medioambientales y económicos de la recuperación y las condiciones geográficas y climáticas de la región o regiones afectadas.

De hecho el diseño de sistemas tarifarios que reflejen la verdadera estructura de costes del ciclo del agua, y que además sean capaces de servir de indicadores de las particularidades de este recurso, se ha convertido en uno de los objetivos prioritarios a la hora de poner en marcha los programas de ahorro, a los que hacíamos alusión en el apartado 1.1.2.1 del primer Capítulo de este trabajo.

Hasta ahora la financiación de este tipo de actividades se ha apoyado, básicamente, en la concesión de subvenciones a las entidades pertinentes con el objeto de respaldar la puesta en marcha y el mantenimiento de estos servicios hídricos.

Sin embargo, actualmente se percibe una tendencia generalizada dirigida hacia la eliminación de este tipo de ayudas¹⁹⁵ de forma que sea la tarifa de agua la responsable de facilitar los medios financieros necesarios para completar el ciclo hidrológico.

Se trata de reflejar en los Estados Financieros, siguiendo la sugerencia que hace el Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas¹⁹⁶, una información transparente que permita la creación de un sistema tarifario racional.

Con la intención, por lo tanto, de colaborar en el diseño de sistemas de autosuficiencia financiera que permitan, entre otras cosas, la recuperación de los costes soportados en un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales abordamos este último Capítulo.

¹⁹⁵ Fernández (1998) aconseja prudencia en este período de transición de manera que se mantengan temporalmente las subvenciones y su eliminación sea gradual.

¹⁹⁶ Introducción al Plan General de Contabilidad adaptado a las Empresas del sector de abastecimiento y saneamiento (1998).

4.1. CONCEPTO Y OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS TARIFARIOS

En Capítulos anteriores creemos haber dejado suficientemente claro el papel primordial que juega el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales en relación con una gestión óptima del ciclo hidrológico, de ahí la necesidad de crear instrumentos financieros que apoyen económicamente este tipo de actividades.

En el caso concreto del saneamiento de aguas residuales se espera que el cambio en el esquema financiero, que comentábamos en la introducción a este capítulo, sea mucho más agresivo¹⁹⁷, entre otras cosas debido a las exigencias, ya comentadas, que hace la Directiva Europea 91/271/CE sobre Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas¹⁹⁸.

Concretamente, el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales (1995) cifraba en unos 11.400 euros las inversiones a realizar en el conjunto del Estado, durante el periodo 1995-2005, con el objeto de que España pueda adaptarse a la obligación europea ya mencionada.

El aumento irremediable en el precio del agua como consecuencia de estas nuevas necesidades inversionistas debe ser gradual y rodeado de la mayor transparencia posible en lo que se refiere a la información que se incluye en la factura del agua¹⁹⁹ y, además, acompañado de campañas de educación dirigidas a los usuarios con el fin de incentivar el ahorro de agua.

¹⁹⁷ Fernández (1998) compara la tarifa media de abastecimiento durante los años 80, calculada en 0,39 euros/m³, con la prevista para el año 2005 de 0,54 euros/m³, estimando un aumento de un 54%. Sin embargo en el caso del saneamiento la tarifa media durante los años 80 era únicamente de 0,09 euros/m³, mientras que este autor prevé un crecimiento, por este concepto, en torno al 700%, hasta llegar a los 0,72 euros/m³ estimados para el año 2005. Se espera por tanto, que el saneamiento sea la parte de los servicios de agua urbana que vaya a dar mayores incrementos de la factura del agua.

¹⁹⁸ Recordemos que esta Directiva establece la obligación, para todos los países miembros, de contar con sistemas colectores y tratamientos secundarios o procesos equivalentes antes del 1 de enero del año 2006.

¹⁹⁹ Hay que reconocer que en muchos municipios la facturación del agua se ha convertido en un coladero, puesto que como el agua es algo tan básico que casi todo el mundo paga

Con el fin, por lo tanto, de hacer frente a unas necesidades financieras cada vez más exigentes, existen una serie de opciones de las que se puede hacer uso y que describiremos brevemente en el apartado siguiente.

4.1.1. Financiación de las obras hidráulicas

Podemos decir que el origen de la financiación para las obras hidráulicas procede, fundamentalmente, de tres fuentes:

- Presupuestaria, aportación de fondos del sector público.
- Extrapresupuestaria, aportación de fondos del sector privado.
- Mixta, una combinación de las dos anteriores.

La financiación presupuestaria tiene su principal inconveniente en la dificultad de obtener fondos debido a las limitaciones presupuestarias, mientras que la financiación extrapresupuestaria se enfrenta a la escasa rentabilidad financiera de la mayoría de proyectos de inversión pública. Por lo tanto con el objeto de llegar a un punto intermedio surge la financiación mixta.

En el ámbito específico de la gestión del agua se han creado las llamadas Sociedades Estatales de Agua²⁰⁰, como fórmula de financiación mixta para la construcción, explotación y ejecución de obras hidráulicas.

En el *Cuadro 4.1* que se adjunta a continuación se detallan las Sociedades Estatales de Agua existentes en todo el territorio nacional.

puntualmente se ha utilizado la factura del agua como vía de cobro de otros impuestos (Tello :1998).

²⁰⁰ Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social.

CUADRO 4.1
SOCIEDADES ESTATALES DE AGUA

Nombre	Fecha de autorización para la constitución
Aguas de la Cuenca del Ebro. S.A. (ACESA)	14/11/1997
Aguas de la Cuenca del Júcar, S.A. (AJUSA)	17/07/1998
Aguas de la Cuenca del Sur, S.A.(ACUSUR)	26/06/1998
Hidroguadiana	25/09/1998
Aguas del Segura	2/07/1999
Aguas de la Cuenca del Guadalquivir	2/07/1999
Aguas de la Cuenca del Duero	2/07/1999

FUENTE: Elaboración propia a partir Pérez (2000)

Posteriormente en 2001 y 2002 han sido creadas, respectivamente, las Sociedades; Agua de la Cuenca del Tajo, S.A. y Aguas de la Cuenca del Norte, S.A.

La recaudación de ingresos por estas sociedades proviene de tres fuentes:

- .- Aportación patrimonial inicial del Estado a la sociedad.
- .- Financiación pública, no estatal procedente de Fondos de Cohesión de la Unión Europea (hasta un 85%).
- .- Aportación del sector privado a la sociedad.

El Título VI de la Ley de Aguas de 1985 estructura el régimen económico-financiero del dominio público hidráulico en cuatro figuras:

- *Canon de utilización de bienes de dominio público hidráulico o canon de ocupación*, que grava la ocupación o utilización de bienes de dominio público hidráulico (artículo 104).
- *Canon de control de vertidos* que grava los vertidos autorizados, conforme a lo prescrito al respecto en la Ley de Aguas. El importe del mismo resulta de multiplicar la carga contaminante, expresada en unidades de contaminación, por el valor asignado a cada unidad (artículo 105).

- *Canon de regulación*, que está destinado a compensar al Estado por sus aportaciones financieras y grava a los beneficiados, directa o indirectamente, por las obras de regulación, superficiales o subterráneas, realizadas por el Estado (artículo 106)
- *Tarifa de utilización de agua*, que grava a los beneficiados por la utilización de obras hidráulicas específicas, no de regulación, realizadas íntegramente a cargo del Estado, y por el concepto de la disponibilidad o uso del agua (artículo 106).

De todos estos instrumentos que facilita la Ley de Aguas analizaremos en este Capítulo el que se refiere a las tarifas de agua entendidas como los importes que deben pagar los usuarios de cualquiera de los servicios de carácter hídrico, tanto abastecimiento como saneamiento.

4.1.2. Objetivos y fases en el diseño de un modelo tarifario

Ya hemos adelantado que un buen sistema tarifario constituye, sin duda, un elemento clave en la gestión de los servicios urbanos de agua y su diseño, además de garantizar una recuperación íntegra de los costes relacionados con el servicio, implica decisiones sobre estructuras y precios que pueden poner límites a un uso irracional de este recurso.

Por lo tanto, el objetivo de todo sistema tarifario debe ser múltiple;

- a) Aspirar a servir de instrumento financiero con el objeto de recuperar todo lo invertido en el servicio.
- b) Favorecer un uso racional del agua.
- c) Servir de guía informativa para el usuario.

En este sentido Liu *et al.* (2003) ya adelantaban que la política de actuación en torno al agua debe ser formulada en función de una toma de

decisiones multiobjetivo, reconociendo que su valor puede variar sustancialmente según condiciones de tiempo y lugar.

Para Fernández (1998) las tarifas de agua deben estar inspiradas en los siguientes principios generales:

- *Equilibrio financiero*, que el total de ingresos obtenidos a través de las tarifas de agua sea capaz de cubrir todos los costes en los que se ha incurrido como consecuencia del ejercicio de dicha actividad, lo que hemos venido denominando recuperación íntegra de costes.
- *Reparto equitativo de costes*, de manera que el coste de las actividades hidrológicas se distribuya entre los ciudadanos en función de su capacidad económica.
- *Eficiencia económica*, que supone el pago de las tarifas en función de la contraprestación que el ciudadano recibe a cambio.
- *Simplicidad y fácil entendimiento por parte de los usuarios*, con el objeto de que el consumidor tome conciencia del verdadero coste del agua y, por lo tanto adopte las medidas necesarias para evitar su derroche.

También la OCDE (1987, 1998) confirma estos principios al especificar que el diseño de un modelo tarifario, además de responder a la consecución de una mayor eficiencia asignativa, debe perseguir objetivos de equidad, salud pública, capacidad para cumplir con los requisitos medioambientales establecidos y aspectos financieros.

Nosotros vamos a centrarnos, a modo de resumen, en la consecución de tres fines a la hora de diseñar un sistema tarifario relacionado con el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales:

1. Que permita una recuperación íntegra de costes y por lo tanto, sea capaz de dar a los procesos que configuran el ciclo del agua autonomía financiera, con el fin de no tener que hipotecar su futuro con subvenciones²⁰¹.
2. Que favorezca una gestión racional del agua, tanto en lo que se refiere al ahorro del recurso como al apoyo de técnicas anticontaminantes.
3. Que facilite una información transparente y clara al usuario del servicio, con el objeto de hacerle partícipe del buen funcionamiento de un ciclo que nos beneficia a todos.

Fernández (1998:8) distingue dos etapas a la hora de establecer un modelo tarifario en los servicios públicos de abastecimiento y saneamiento de aguas:

- 1) Determinación de los costes que se van a generar en el ejercicio y, por consiguiente, de los ingresos que serán necesarios recaudar para cubrir exactamente esos importes, aspecto resuelto, en nuestro caso, en el tercer capítulo de este trabajo.
- 2) Diseño de un modelo tarifario en función de las necesidades financieras detectadas en la etapa anterior.

Para Sáenz (2000), y dentro de esta segunda etapa, el criterio económico básico a la hora de diseñar un sistema de tarificación debe ser el *coste marginal*, de manera que, desde el punto de vista de la eficiencia económica, la asignación del servicio será óptima cuando la tarifa se iguale al coste marginal de producción del servicio.

²⁰¹ La parte de la renta que se destina al pago de la factura del agua es relativamente pequeña (entre un 0,5 % y un 0,8 % de la renta familiar disponible). Se gasta más en pan, vino, fruta, teléfono, electricidad,... que en agua. Según comenta Fernández (1998:7) esto se debe a que "los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento están fuertemente subvencionados".

En este caso el proveedor del servicio estará dando al usuario una información precisa del coste que supone, en ese momento, la prestación de la última unidad del servicio y el usuario tendrá un incentivo para comportarse de forma racional.

Una vez identificados los objetivos básicos de cualquier sistema tarifario vamos a analizar, en el siguiente apartado, los modelos de sistemas tarifarios de servicios públicos más habituales.

4.2. MODELOS DE SISTEMAS TARIFARIOS DE SERVICIOS PÚBLICOS

En España, los Municipios, Mancomunidades, Consorcios, Comunidades Autónomas, Organismos de Cuenca y Administración del Estado son, en mayor o menor medida, destinatarios de los ingresos recaudados vía tarifa, de manera que todos tienen responsabilidades sobre algún tramo del servicio integrado del agua y todos pretenden cubrir el coste de sus actuaciones con los ingresos procedentes de diversos tributos.

En Europa, en general, según sea el uso al que se destine el agua (regadío, urbano o industrial), las tarifas que realmente se cobran al usuario por el agua consumida presentan algunas diferencias:

- En el *sector agrario* la mayoría de las tarifas de agua constan de dos componentes, una relacionada con el recurso hídrico en sí mismo y otra que cubre, parte o todo el coste del suministro de agua. El objetivo de la primera componente es racionar el uso del agua mientras que con la segunda se pretende garantizar la autonomía financiera del servicio.
- El *sector industrial* utiliza dos tipos de precios dependiendo del agua consumida; si es agua extraída directamente o se toma de la red

urbana En general es más barato para las industrias invertir en la detección directa, en equipamiento para el tratamiento, que pagar a la compañía suministradora para obtener agua.

- En el *sector doméstico*²⁰² se tiende a que el usuario pague los costes de suministros y depuración de aguas. Los tipos más extendidos de tarifas son uniformes o volumétricas, divididas por bloques.

En España existen más de 8.000 municipios, grandes y pequeños, responsables últimos del suministro de agua potable y de la recogida y depuración de aguas residuales urbanas, prestando cada uno de ellos estos servicios con plena soberanía y en régimen de monopolio, por lo tanto el abanico de opciones a la hora de diseñar estructuras tarifarias, de acuerdo con las circunstancias particulares de cada núcleo poblacional, es muy variada.

En el *Cuadro 4.2* que figura en la página siguiente se detalla, por Comunidad Autónoma, el importe a pagar por los usuarios de los servicios de abastecimiento y saneamiento por m³.

Al analizar estos datos se pone de manifiesto como las Comunidades Autónomas cuyo ciclo integral resulta más caro son Baleares, Canarias, Murcia, Cataluña y Andalucía, en este orden.

Es evidente que parte de las causas del mayor precio del agua en estas regiones puede atribuirse a la concurrencia de una serie de factores, tanto geográficos como climáticos, que suponen la instalación de sistemas de potabilización y transporte de agua con un alto grado de complejidad.

²⁰² El artículo 2 del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales (1995-2005) distingue entre “aguas residuales urbanas” y “aguas residuales domésticas”, definiendo las primeras como “*las aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial*”, mientras que las segundas son las “*... procedentes de zonas de vivienda y de servicios y generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas*”.

CUADRO 4.2
TARIFA DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO, POR COMUNIDAD
AUTÓNOMA, AÑO 2002

Comunidad	Abastecimiento euros/m³	Saneamiento euros/m³	Ciclo Integral euros/m³	% Abastecimiento	% Saneamiento
Baleares	1,26	0,74	2	63,00	37,00
Canarias	1,41	0,25	1,66	84,94	15,06
Murcia	0,92	0,61	1,53	60,13	39,87
Cataluña	1,05	0,36	1,41	74,47	25,53
Andalucía	0,6	0,43	1,03	58,25	41,75
Valenciana	0,58	0,41	0,99	58,59	41,41
País Vasco	0,5	0,44	0,94	53,19	46,81
Extremadura	0,7	0,22	0,92	76,09	23,91
Madrid	0,6	0,3	0,9	66,67	33,33
Aragón	0,47	0,38	0,85	55,29	44,71
Galicia	0,52	0,3	0,82	63,41	36,59
Castilla-La Mancha	0,46	0,34	0,8	57,50	42,50
Castilla-León	0,39	0,33	0,72	54,17	45,83
La Rioja	0,34	0,36	0,7	48,57	51,43
Asturias	0,45	0,24	0,69	65,22	34,78
Navarra	0,39	0,3	0,69	56,52	43,48
Cantabria	0,62	0,06	0,68	91,18	8,82

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos publicados en la Encuesta de Tarifas 2002, AEAS-AGA

A las variables físicas particulares de cada región Sáenz (2000) añade, como causante de esta diferencia de precios, las que se deben a la existencia de subvenciones²⁰³, en especial cuando la gestión de los servicios corre a cargo de los ayuntamientos.

En la publicación de diversos estudios comparativos de tarifas empresas suministradoras de agua se recogen las importantes diferencias existentes entre estos importes tarifarios, que reafirman nuestra idea de la necesidad de definir una estructura de costes para el servicio de abastecimiento y saneamiento de agua que permita una mayor transparencia en el proceso de determinación y control de estos importes.

²⁰³ El precio medio por metro cúbico pagado en agricultura es de 0,009 € mientras que su coste se estima en 0,08 € por metro cúbico, lo que supone la existencia de unas subvenciones por metro cúbico de un 89 % (Castillo y Carmona, 1998).

Concretamente la Federación de Asociaciones de Consumidores y Usuarios de Andalucía (FACUA)²⁰⁴ ha detectado diferencias de hasta el 761 % en las tarifas del suministro domiciliario del agua de 28 ciudades españolas.

Para realizar este estudio FACUA se ha centrado en dos aspectos incluidos en las facturas de agua; la cuota fija o de servicio y la cuota variable o de consumo.

La primera se refiere a la cantidad que hay que pagar aunque no se haga uso del servicio y la segunda es la que depende del volumen de agua consumida.

Con el fin de evaluar ambas cuotas se ha tomado como referencia el consumo medio de 12,5 metros cúbicos al mes, obtenido por un contador de un calibre de 15 mm., que junto con el de 13 mm. es el más común para uso doméstico.

De este estudio se ha constatado que es en las zonas del levante español y en las islas donde se registran las facturas más elevadas, de hecho Tenerife figura con una cuota total mensual de 13,28 euros y Palma de Mallorca de 12,53 euros.

Sirva como ejemplo los datos que figuran en el **Anexo 4.1**, donde se incluye información sobre las tarifas domésticas²⁰⁵ de abastecimiento de los 31 municipios que configuran la isla de Tenerife²⁰⁶.

²⁰⁴ En <http://www.facua.org/facuainforma/2004/2septiembre2004.htm>

²⁰⁵ Aunque en la mayoría de los municipios de la isla se discriminan los precios de la tarifa de agua en función del tipo de consumo (doméstico, industrial, municipal, turístico, agrícola, ...) hemos optado por tomar, únicamente, aquellos datos que se refieren al consumo doméstico puesto que es el único que figura en todos los municipios.

²⁰⁶ El servicio público de abastecimiento de agua está sujeto al régimen de precios autorizados de ámbito autonómico. En Canarias, concretamente, la implantación o modificación de estas tarifas requiere la autorización previa de la Consejería del Gobierno de Canarias con competencias en la materia, actualmente la Consejería de Economía, Hacienda y Comercio, previo informe de la Comisión Territorial de Precios correspondiente. Esta Comisión está integrada por distintos representantes del sector público y de los sectores sociales más representativos (organizaciones de consumidores, sindicales y empresariales) funcionando en Pleno y Grupos de Trabajo.

En un intento por agrupar y tipificar esta gran variedad de ordenaciones financieras trataremos en el siguiente apartado de darles nombre y definir las características particulares de cada grupo.

4.2.1.- Tipos de sistemas tarifarios

Valirón (1991)²⁰⁷ considera fundamental a la hora de diseñar un modelo tarifario, intentar llegar a un equilibrio entre *eficiencia económica* y *reparto equitativo* de costes.

Alvarez *et al.* (2001) se refieren al primer concepto como *principio del beneficio*, puesto que estos autores entienden que los ciudadanos deberán contribuir en función del beneficio que obtienen como consecuencia de la prestación de estos servicios. Y denominan *principio de capacidad*, al segundo concepto, considerando que los usuarios de los servicios públicos deben hacer frente a sus obligaciones tributarias en función de su capacidad económica.

Es bastante complejo encontrar un punto de equilibrio entre eficiencia y equidad, por lo que la convivencia de ambos aspectos conlleva, inevitablemente, una alta dosis de subjetividad y compromiso, siendo bastante habitual, con el objeto de evitar colisiones, que las tarifas establecidas incorporen diversas combinaciones de elementos fijos, y consecuentemente independientes de la cantidad consumida, y variables.

En un intento por combinar eficiencia y equidad, principios muchas veces contrapuestos, los gestores de los servicios de agua tratan de poner en marcha sistemas de diferenciación de precios que se sitúan en distintos puntos de la recta que une, pero no acerca, estos dos conceptos.

²⁰⁷ Citado por Fernández (1998:9).

Esta diferenciación de precios se hace, fundamentalmente, en función del tipo de consumidor o bien de la cantidad de agua consumida. Esta práctica es comúnmente conocida bajo la denominación de *discriminación de precios*.

Relacionado con esta distinción de precios Pigou (1932) reconoce tres grados de discriminación:

- a) Discriminación perfecta o de primer grado. Se trata de una situación extrema en la que el *vendedor fija precios diferentes para cada consumidor y para cada unidad comprada*.
- b) Discriminación de segundo grado. Con este tipo de prácticas el precio unitario varía con la *cantidad comprada* pero no con la identidad del consumidor.
- c) Discriminación de tercer grado. En esta variante de discriminación el oferente clasifica a los *consumidores* por grupos, cobrando a cada grupo un precio diferente.

Estas tres posibilidades de diferenciación de precios quedan representadas en el *Cuadro 4.3*.

CUADRO 4.3
ESQUEMA DE TIPOS DE DISCRIMINACIÓN DE PRECIOS

	Identidad consumidor	Cantidad consumida
Discriminación 1ª grado	X	X
Discriminación 2º grado	-	X
Discriminación 3º grado	X	-

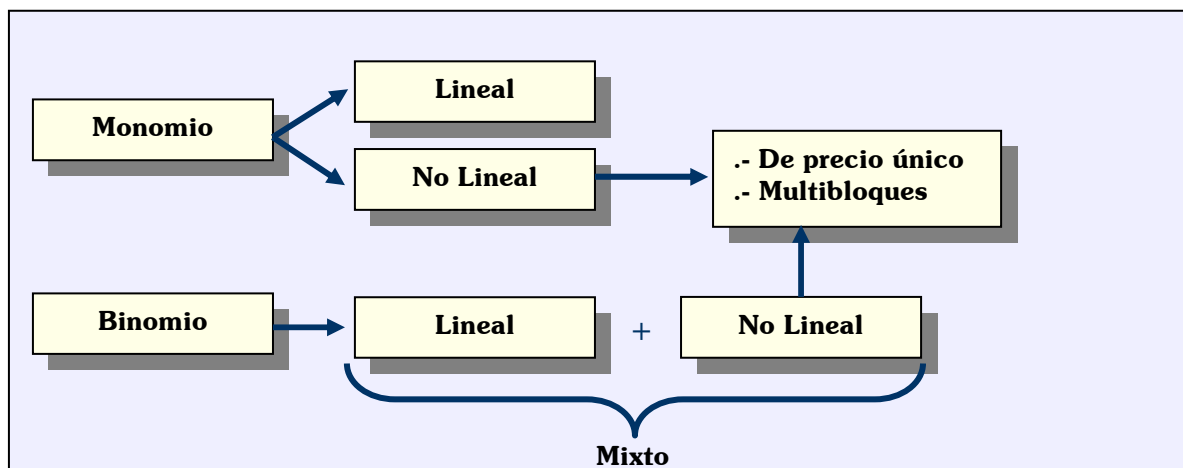
FUENTE: Elaboración propia.

La OCDE (1999) reconoce que las distintas tarifas existentes resultan de combinar alguno de los siguientes elementos:

- Una *tarifa fija de conexión* al servicio, que puede cobrarse únicamente en el momento en que se produce dicha conexión o de forma periódica junto con el pago por el consumo.
- Una *carga fija por acceso* al sistema de suministro, sin relación con el consumo, en función de las características del consumidor.
- Una *carga mínima* que especifica el volumen mínimo del servicio por el que es necesario pagar en cada período a pesar de que no se alcance su consumo.
- Una *cantidad variable* a aplicar sobre el volumen de agua consumido.

Reconocemos que resulta muy complicado recoger en un esquema las distintas opciones tarifarias que existen, sin embargo, hemos intentado sintetizar, en la *Figura 4.1*, las opciones financieras que consideramos más habituales.

FIGURA 4.1
TIPOS DE MODELOS TARIFARIOS



FUENTE: Elaboración propia.

A nivel general las tarifas pueden estar compuestas por un solo término, *monomio* o por dos términos, *binomio*.

En el caso de una tarifa monomio podemos encontrarnos con un *sistema lineal o no lineal*, mientras que si es binomio se trata, normalmente, de una combinación de ambos, lo que hemos denominado sistema *mixto*.

Los *sistemas lineales* de tarificación son aquellos en los que la tarifa del servicio no varía con la cantidad consumida del mismo, aunque si admite la posibilidad de variar entre tipos de consumidores. Este sistema vendría a coincidir con una discriminación de tercer grado, tal y como veíamos anteriormente.

En cambio en los *sistemas no lineales* el importe de la tarifa aumenta o disminuye en función del consumo de agua. A su vez los sistemas de tarificación no lineales pueden ser de precio único o por múltiples bloques.

Analizaremos a continuación, con más detenimiento, cada uno de estos modelos tarifarios:

1. Tarifas de tipo monomio lineal: También denominadas planas o uniformes, están compuestas por un solo término de carácter fijo. En este caso el coste del servicio sería el mismo independientemente de la cantidad de agua consumida por lo que este tipo de tarifa no castiga el derroche.

Normalmente, estas tarifas sólo subsisten en ciertos municipios de tamaño muy reducido, en los que la base de la facturación no es la cantidad de agua servida, sino otros factores como pueden ser la superficie de edificación, en los usos urbanos, y la superficie cultivada, en los usos agrícolas.

2. Tarifas de tipo monomio no lineal: Al igual que en el caso anterior estas tarifas están compuestas por un sólo término pero que aumenta o disminuye en función de la cantidad de agua consumida.

Dentro de las tarifas de carácter no lineal podemos distinguir dos tipos:

- a) *Tarifas unitarias o de precio único:* En este tipo de tarifas se establece un precio único por metro cúbico, por lo que el importe

de la tarifa aumentará o disminuirá de forma proporcional a la cantidad de agua consumida.

- b) *Tarifas multibloques*: En las que se definen previamente unos intervalos de demanda, con un mínimo y un máximo de metros cúbicos por tramo, estableciendo un precio distinto para cada bloque. A medida que el consumo de agua aumenta cambiará el bloque correspondiente y, consecuentemente, el precio por metro cúbico también variará. Estos bloques pueden ser crecientes o decrecientes, en el primer grupo el precio marginal del último bloque será superior al inmediatamente anterior y en las tarifas decrecientes, al contrario. En principio un sistema tarifario en bloques crecientes favorece el ahorro de agua puesto que el aumento en la tarifa puede ser más que proporcional con respecto a la cantidad de agua consumida. Liu, Savenije y Xu (2003) reconocen una serie de importantes ventajas relacionadas con el uso de tarifas en bloques crecientes, entre ellas la relativa facilidad para cubrir costes, una mayor equidad y una implícita gestión de la demanda.

3. Tarifa de tipo binomio mixta: En estos modelos conviven una parte lineal y otra no lineal, es decir, normalmente un cargo fijo y uno o más cargos variables. Al igual que en el apartado anterior la parte variable puede ser de precio único o por bloques, tanto crecientes como decrecientes.

En el caso concreto de que la tarifa esté compuesta por una parte fija y otra variable unitaria se la suele denominar *tarifa en dos partes*.

4. Otros modelos tarifarios: En un intento por afinar en el cálculo de los importes a pagar por el servicio de agua han surgido multitud de variantes, entre ellas creemos que merecen especial mención las que se describen a continuación:

- a) *Sistema tarifario con bloques crecientes con diferenciación por tipo de usuario*, en el que se define un esquema para cada clase de usuario, adaptando los bloques a las condiciones de consumo de cada uno de ellos.
- b) *Sistema ratchet*, en el que todo el consumo, no sólo el que se encuentra en un determinado bloque, se cobra al precio aplicable al bloque más alto de consumo alcanzado por el cliente.
- c) *Sistema de bloques crecientes con diferencias estacionales*, en el que la estructura de bloques y precios es diferente en distintos períodos del año²⁰⁸, reflejando el distinto coste del servicio. Estos sistemas animan a los usuarios a disminuir la cantidad consumida de agua en los períodos de carga máxima²⁰⁹.

De entre este abanico de posibilidades hemos observado que el sistema tarifario más habitual para los servicios hidrológicos consiste en un esquema de cuota fija o de servicio y cuota variable o de consumo por bloques crecientes, aplicable a todo tipo de usuarios durante todo el año.

No cabe duda de que la contención de la demanda y el ahorro de recursos son objetivos que priman a la hora de establecer un sistema tarifario, de ahí que el modelo de tarificación por excelencia, no sólo a nivel nacional sino también internacional, sea este sistema por bloques crecientes.

Esta combinación tarifaria también se mantiene en la mayoría de los municipios de la isla de Tenerife²¹⁰. Analizando a nivel general, los datos

²⁰⁸ A la hora de aplicar estos sistemas es fundamental que los distintos períodos estacionales sean fácilmente delimitables y la demanda del servicio durante los mismos considerablemente superior a la demanda media anual.

²⁰⁹ Como consecuencia de la menor demanda del servicio en los periodos de carga máxima, bien por disminución neta del consumo o bien por el cambio de la demanda hacia los periodos normales, es menos probable que las empresas se vean incapaces de hacer frente a la demanda durante estos periodos y tengan que recurrir a la construcción de nuevas obras o las restricciones en la prestación del servicio, con los costes económicos, ambientales y de imagen que suponen

²¹⁰ Ver Martel, G., *et al.* (2005)

incluidos en el **Anexo 4.1** sobre las tarifas de abastecimiento de los distintos municipios insulares comprobamos que, a excepción de los municipios de Tacoronte y La Laguna que no disponen de parte fija, el resto mantienen una cantidad constante, ya sea como mantenimiento de contadores o cuota de servicio o como importe fijo a pagar, y una parte variable cuyo importe aumenta o disminuye en función del volumen de agua consumida.

Esta parte variable está estructurada en todos los casos, a excepción del municipio de Icod de los Vinos que utiliza un sistema tarifario en dos partes, por bloques crecientes.

Debemos recordar que este tipo de tarifas resulta particularmente apropiado para espacios en los que la disponibilidad de agua es deficitaria, puesto que, como ya hemos comentado, suponen un incentivo a la reducción del consumo.

Por otro lado, y como ejemplo de la singularidad de cada espacio geográfico, observamos como la amplitud del tramo que marcan los distintos bloques para cada municipio no coincide en la mayoría de los casos, lo que demuestra la existencia de importantes disparidades en la manera de afrontar el problema de la tarificación del agua y en la cuantía exigida como contraprestación del servicio.

Esto nos hace pensar que en el establecimiento de las tarifas influyen tanto factores de carácter geográfico, como climáticos y socioeconómicos, de ahí que convivan precios tan diferentes entre municipios geográficamente cercanos, si comparamos el precio del servicio de abastecimiento de los distintos municipios de la isla de Tenerife.

A pesar de las ventajas asociadas a los sistemas tarifarios por bloques crecientes Boland y Whittington (2000) reconocen que una estructura de precios de este tipo calculada de forma incorrecta puede dar lugar a multitud de deficiencias, tales como dificultades para fijar el bloque inicial, desajustes entre

precios y costes marginales, conflicto entre ingresos y eficiencia económica, ausencia de simplicidad, transparencia,...

4.2.2. Cálculo de tarifas

Ya hemos comentado que el sistema tarifario más habitual es el mixto con una parte fija o de servicio y una cuota variable o de consumo por bloques crecientes cuyo importe estará en función de la cantidad de agua consumida, por lo tanto al cálculo de los sistemas tarifarios mixtos con bloques crecientes dedicaremos este apartado.

En estos sistemas mixtos la cuota fija se calcula dividiendo el coste total, normalmente referido a los costes fijos de conexión, entre el número de usuarios del servicio. Como resultado de este cociente se obtiene una cuota media que se aplica directamente a cada usuario o se corrige en función del diámetro de la acometida.

Para el cálculo de la parte variable o volumétrica de la tarifa se divide el resto del coste total que debe soportar la empresa entre los metros cúbicos que se estiman facturar en un determinado período.

Si tomamos como ejemplo un consumo de 18 m³ de agua y utilizamos los precios²¹¹ que aparecen en el Anexo 4.1, donde se detallan los consumos por tramos en cuanto a precio y límites mínimos y máximos del municipio de Santa Cruz de Tenerife, podemos calcular el importe total variable para dicho consumo.

²¹¹ Sin tener en cuenta la Cuota de Servicio.

CUADRO 4.4

CÁLCULO DEL IMPORTE TOTAL VARIABLE DEL CONSUMO DE 18 M³ DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE

Bloque	Tramos (m ³)	Consumo (m ³)	Precio Marginal (€)	Importe (€)
I	1-10	10	0,37	3,7
II	11-20	8	0,44	3,52
TOTAL		18		7,22

FUENTE: Elaboración propia.

Así al primer bloque entre 1 y 10 m³ consumidos le corresponderá un precio de 0,37 €, mientras que las unidades comprendidas en el intervalo siguiente, de 11 a 20 m³, se adquirirán a un precio de 0,44 €, siendo 0,37 € el precio marginal del primer bloque y 0,44 € el precio marginal de segundo.

De manera que el consumidor del ejemplo estará soportando un precio marginal de 0,44 € y un precio intramarginal, que será el aplicado a niveles inferiores de consumo, de 0,37 €.

Al final la cantidad total a pagar por un consumo de 18 m³ de agua se calculará según aparece a continuación:

$\text{Cantidad Total a pagar} = p_1x_1 + p_2x_2 = p_1x_1 + p_1x_2 + (p_2-p_1)x_2$ $Q = 0,37*10 + 0,44*8 = 7,22$ $Q = 0,37*10 + 0,37*8 + 0,07*8 = 7,22$

La teoría económica indica que existen dos precios relevantes cuando se aplica el sistema de bloques: el precio marginal y la variable diferencia (Gómez y Garrido, 1998:3). El precio marginal se define como el precio pagado por la última unidad de servicio consumida y la variable “diferencia” expresa la diferencia entre lo que el consumidor paga por el agua y lo que pagaría si el agua fuera facturada a precio marginal (Agthe y Billings, 1980).

Obviamente una tarifa restrictiva acarreará pérdidas de bienestar para los consumidores, aunque todo apunta a que serán inferiores a las obtenidas de otros sistemas de restricción como el racionamiento (Woo, 1994).

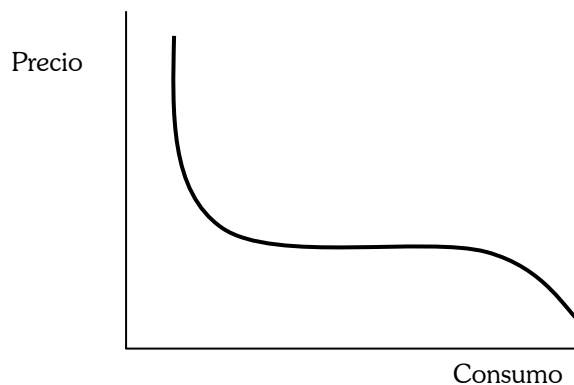
No cabe duda de que el diseño de cualquier modelo tarifario, además de servir como instrumento financiero, debe aspirar a convertirse en un instrumento eficaz de gestión de la demanda, por lo que estimamos oportuno dedicar el siguiente apartado a analizar hasta que punto los sistemas tarifarios pueden contribuir a limitar el consumo de agua.

4.2.3. Contribución de los sistemas tarifarios a la eficiencia en el consumo de agua

Es cierto que la efectividad de las políticas tarifarias para conseguir reducir el consumo de agua o un uso más eficiente de este recurso está condicionada por la respuesta o sensibilidad de los usuarios a las variaciones del precio de los servicios.

Las curvas de demanda de agua, precisamente, representan la relación existente entre el precio al que se cobra el agua y la actitud que adoptan los usuarios del servicio ante variaciones del mismo.

Balairón (2002) considera que, generalmente, las curvas de demanda de agua tendrán un aspecto como el que aparece en la figura siguiente:



Las ramas casi verticales corresponden a tramos completamente inelásticos de la curva, en los que independientemente del precio se demandará una cantidad determinada del recurso, mientras que el tramo horizontal corresponde a la zona elástica de la curva, en la que sí están directamente relacionados precio y consumo de agua.

Para Nadal (1995) la política tarifaria sólo generará ahorros de agua en aquellas áreas cuya curva de demanda sea elástica. Un aumento del precio del agua en una zona inelástica de la curva de demanda, no sólo no producirá ahorro de agua, sino que además provocará una pérdida de renta en el sector afectado por la implantación de un precio cada vez mayor.

Por lo tanto, confiar en que una política tarifaria que encarezca el precio del agua produzca, como efecto inmediato, una disminución de la demanda puede resultar algo arriesgado y podría llevar a la adopción de medidas políticas erróneas.

Por otro lado, no sería factible aplicar una misma política tarifaria en distintas cuencas²¹², de hecho produciría efectos dispares incluso dentro de la misma cuenca debido, tal y como ya habíamos adelantado, a la gran cantidad de factores, tanto geográficos como climáticos, sociales y económicos que intervienen en el proceso de tarificación.

Varios son los trabajos²¹³ que han intentado consolidar la relación entre demanda y tarificación buscando una forma de estimar la cantidad de agua consumida a partir de la tarifa de precios.

²¹² Concretamente en un estudio elaborado por Sumpsi (1998) se hace patente como las curvas de demanda de agua, obtenidas a partir de modelos de simulación utilizando un sistema tarifario variable, son muy diferentes en las distintas cuencas hidrográficas analizadas.

²¹³ Entre estos trabajos hemos de destacar el de Gómez y Garrido (1998) en el que hacen un recorrido por lo que han sido los distintos estudios de carácter empírico que han tratado de buscar una relación entre precio y cantidad demandada de agua. También Martínez-Espineira (2003) trata de hacer una estimación de la demanda de agua bajo una tarifa de bloques creciente, mientras que en el de Barkatullah (2002) se concluye que los consumidores responden al precio marginal mientras se enfrentan a una estructura tarifaria multibloques.

De los estudios consultados podríamos señalar que una gran mayoría llegan a la conclusión de que el sistema tarifario es una herramienta efectiva en la reducción del consumo, pero por otro lado, son muy pocos los trabajos que analizan como interfiere cada tipo de estructura de precios en el consumo de agua.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores podríamos distinguir, entre las opciones que se nos presentan a la hora de calcular el precio del agua, dos modalidades en cuanto a su distinto grado de influencia en la eficiencia en el consumo de agua:

a).- *Sistemas tarifarios de carácter plano* en los que se cobra una cantidad independientemente del volumen de agua consumida, con lo cual el usuario no tiene incentivos económicos para reducir el consumo de agua que en estos casos es percibida como un bien gratuito o de coste muy bajo.

En relación con estos sistemas tarifarios Liu *et al.* (2003:213) reconocen que un precio bajo del agua sólo produce un despilfarro de este bien que se podría solucionar con el establecimiento de tarifas más racionales, que permitan cubrir costes y financiar dicha actividad.

b).- *Sistemas de tarificación de carácter variable*, definidos como aquellos que establecen las tarifas en función del volumen de agua consumida y, consecuentemente, suponen un mayor incentivo al uso racional del recurso que en el caso anterior.

En definitiva entre los sistemas de tarificación que recogíamos en el *Gráfico 4.1* los más eficientes son los sistemas con cuota fija²¹⁴ en función del

²¹⁴ En ciertas estructuras tarifarias no existe una cuota fija pero sí un “consumo mínimo” que se factura con independencia de que se haya hecho uso del bien o no. Cuando esta cantidad es elevada este sistema tarifario se convierte en un elemento desfavorable para el uso racional y el ahorro de agua, puesto que en ese margen de consumo los usuarios no tienen incentivos para ahorrar agua.

diámetro de la acometida y con tarifas volumétricas crecientes por bloques²¹⁵ de consumo.

A este respecto Nordin (1976) señalaba que la cantidad de agua consumida por un usuario que se enfrenta a una tarifa multibloque depende del precio marginal en su correspondiente bloque de consumo, así como de la parte intramarginal del sistema de precios.

Por último, la discriminación tarifaria de usos (industriales, doméstico, servicios municipales,...) podría ser también un sistema adecuado a la hora de promover la eficiencia en las asignación del servicio. Sin embargo en la práctica, y tal y como reconoce Sáenz (2000:6), los coeficientes ponderadores con los que se trata de “castigar” a los sectores más contaminantes “*se establecen, por lo general, “a ojo” atendiendo más a criterios políticos que a criterios económicos*”, lo que genera asignaciones ineficientes²¹⁶.

Con el objeto de proponer un modelo financiero de tarificación adaptado a las características que ya hemos mencionado a lo largo de este trabajo en lo que se refiere al proceso de depuración y reutilización de aguas residuales analizaremos, en el siguiente apartado, el caso concreto de la tasa de saneamiento.

4.3. LA TASA DE SANEAMIENTO

En toda factura de agua encontramos que se cobra, generalmente, por dos conceptos; por un lado por el abastecimiento y por otro por el saneamiento.

²¹⁵ Un estudio sobre el precio del agua en las distintas capitales de provincia españolas realizado por la OCU (1997) revela que, a medida que aumenta el consumo de agua aumenta el precio del m³ del recurso, lo que supone un incentivo al ahorro de agua. Sin embargo, también se constata que en ciertas ciudades, por ejemplo Palma de Mallorca, sale proporcionalmente más barato en términos de precio del m³ de agua. Esto es consecuencia de la importancia que la parte fija, independientemente del consumo, tiene en las facturas, lo que evidentemente reduce la acción disuasoria que los sistemas tarifarios mencionados tienen sobre el consumo de agua.

²¹⁶ Destaca en este sentido las desmesuradas bonificaciones que sin justificación económica alguna disfrutaban los usos municipales de agua.

Por lo tanto habrá que distinguir entre tarifa de abastecimiento y de saneamiento, según la parte del ciclo hidrológico a la que nos estemos refiriendo.

A partir de ahora, y puesto que nuestro foco de atención es el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, nos centraremos únicamente en la tarifa de saneamiento, aunque todo lo visto en los apartados anteriores resulta perfectamente válido para este concepto.

Por otro lado, y dentro de los dos grandes grupos que configuran el saneamiento (alcantarillado y depuración y/o vertido), nos concentraremos en el estudio y análisis de esa última fase.

Normalmente cuando hablamos de tarifa de saneamiento nos referimos a ella con el nombre de tasa de saneamiento. En el siguiente apartado trataremos de matizar la diferencia entre precio público y tasa, aspecto que consideramos fundamental si pretendemos proponer, precisamente, una estructura financiera relacionada con la tasa de saneamiento.

4.3.1. Precios públicos y tasas

Los servicios de abastecimiento en baja (alcantarillado y depuración de aguas residuales) forman el denominado ciclo urbano del agua. La prestación de estos servicios ha correspondido históricamente a las corporaciones locales aunque en los últimos años han tenido un papel fundamental, en lo relativo al servicio de depuración, tanto Comunidades Autónomas como Organismos de cuenca.

La Ley 39/1988 de 28 de diciembre, Reguladora de las Haciendas Locales, reconoce que los precios públicos y las tasas constituyen, junto con otras figuras relacionadas en el artículo 2 de la citada Ley, los principales medios

de los que se nutren las Haciendas Locales para obtener financiación con el fin de ejercer su actividad.

El servicio de agua prestado por las empresas hidrológicas es un típico servicio público. A este respecto, Marienhoff (1983) recuerda que los servicios públicos son generalmente onerosos y, en consecuencia, están sujetos al pago de contraprestaciones o retribuciones por parte de los usuarios a través de tasas o precios públicos.

Según el artículo 6 de la Ley 8/1989, de 13 de abril, de Tasas y Precios Públicos, *“las tasas son tributos cuyo hecho imponible consiste en la utilización privativa o aprovechamiento especial del dominio público, en la prestación de servicios o en la realización de actividades en régimen de Derecho público que se refieran, afecten o beneficien de modo particular al sujeto pasivo”*. Mientras que *“tendrán la consideración de precios públicos las contraprestaciones pecuniarias que se satisfagan por la prestación de servicios o la realización de actividades efectuadas en régimen de Derecho Público cuando, prestándose también tales servicios o actividades por el sector privado, sean de solicitud voluntaria por parte de los administrados”* (artículo 24 de la Ley 8/1989).

Por lo tanto, la naturaleza jurídica de la contraprestación viene determinada por el carácter coactivo de la misma. En el caso de la tasa esta obligación se derivaría directamente de la Ley de manera que su pago es una obligación *ex lege* que surge del Estado al dictar la ley que crea, a cargo de los usuarios del servicio público en cuestión, la obligación de pagar una determinada cantidad de dinero.

Por el contrario, si se trata de precio público, su pago no sería coactivo, sino que la obligación nacería de la relación contractual existente entre las partes, es decir tiene su fuente en el acuerdo de voluntades. El prestador del servicio valorará el mismo de forma tal que le permita recuperar costes y obtener un margen de ganancias.

La relación existente entre los usuarios del servicio de agua potable y las empresas suministradoras, en el caso de abastecimiento, es contractual puesto que no existe ley que imponga obligación tributaria alguna para financiar el referido servicio.

En este caso esta contraprestación debe ser considerada como un precio público puesto que reúne las características que, según la doctrina y la jurisprudencia, los individualizan.

Sin embargo, en el caso del saneamiento, resulta más correcto hablar de tasa puesto que, por defecto, cualquier usuario que haya solicitado el servicio de abastecimiento y esté conectado a la red de alcantarillado, deberá responder económicamente por el de saneamiento aunque no lo haya requerido específicamente.

Una vez matizada la diferencia entre precio público y tasa, analizaremos, en el siguiente apartado, la forma habitual de proceder a la hora de calcular esta tasa de saneamiento.

4.3.2. Cálculo de la tasa de saneamiento

El artículo 24 de la mencionada Ley 39/1988 establece, en su apartado 2, que *“el importe de las tasas por la prestación de un servicio o por la realización de una actividad no podrá exceder, en su conjunto, del coste real o previsible del servicio o actividad de que se trate o, en su defecto, del valor de la prestación recibida”*.

Y añade que para determinar *“dicho importe se tomarán en consideración los costes directos e indirectos, inclusive los de carácter financiero, amortización del inmovilizado y, en su caso, los necesarios para garantizar el mantenimiento y un desarrollo razonable del servicio o actividad por cuya prestación o realización se exige la tasa, todo ello con independencia del*

presupuesto u organismo que lo satisfaga. El mantenimiento y desarrollo razonable del servicio o actividad de que se trate, se calculará con arreglo al presupuesto y proyecto aprobados por el órgano competente”.

En este sentido, y tal y como reconoce Buendía (2000:449), “*el punto de referencia obligado para la fijación de tasas y precios públicos lo constituye el conocimiento del coste de prestación del servicio*”, aspecto que consideramos resuelto en el Capítulo anterior para el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales.

En resumen, y apoyándonos en el propio texto de la ley, consideramos que resulta fundamental, para el cálculo de la tasa de saneamiento, conocer los costes que se deben soportar por la ejecución de dicha actividad, puesto que la razón de ser de dicha tasa de saneamiento es, en definitiva, la recuperación dichos costes.

A la hora de calcular la tasa de saneamiento planteamos, por lo tanto, una ecuación que no genera beneficios económicos sino que únicamente pretende equipar los ingresos a los costes.

$$\text{Ingresos} - \text{Costes} = 0$$

por lo tanto,

$$\text{Ingresos} = \text{Costes}$$

en dónde,

$$\mathbf{\text{Precio} * \text{Cantidad} = \text{Costes}}$$

siendo,

$$\text{Precio} = \text{Tarifa por metro cúbico}$$

$$\text{Cantidad} = \text{metros cúbicos facturados}$$

de esta forma la tarifa será el resultado de dividir los costes por el total de m³ facturados.

Sin embargo, y aunque la lógica de cálculos incluida en el cuadro anterior pudiese dar la sensación de sencillez, la obtención del importe de una tasa de saneamiento es una tarea que puede resultar muy compleja debido a una serie de inconvenientes, entre los cuales analizaremos, en el siguiente apartado, los más relevantes.

4.3.3. Inconvenientes asociados al cálculo de la tasa de saneamiento

A la hora de proponer una estructura tarifaria para el servicio de saneamiento nos hemos encontrado con una serie de aspectos que dificultan esta tarea.

Con el fin de facilitar su estudio hemos agrupado estos inconvenientes en tres bloques, a los que dedicaremos los párrafos siguientes:

1. Aquellos relacionados con la cantidad de agua residual que entra en la estación depuradora
2. Los que se refieren al grado de contaminación del agua que se va a tratar.
3. Los derivados de la existencia de subvenciones que, aunque a primera vista puedan parecer más ventajosas que perjudiciales hemos comprobado que, en muchos casos, sólo consiguen disfrazar el verdadero coste del agua.

4.3.3.1. Estimación de la cantidad de agua a depurar

Para el cálculo de la tasa de saneamiento se utiliza, en la mayoría de los casos, el volumen de agua a facturar como variable proxy, entendiendo que esta

cantidad va a coincidir con el volumen de agua vertida a la red de alcantarillado para su depuración (Sáenz, 2000).

Normalmente la tasa de depuración y/o vertido es una tarifa única, calculada en función de los costes soportados no recuperables²¹⁷ por la prestación del servicio dividido por la cantidad de metros cúbicos estimados que se prevé facturar²¹⁸.

Esta suposición se admite puesto que, aunque no siempre se cumple, es muy complicado estimar la cantidad real de agua que se vierte a la red de alcantarillado para ser depurada.

Por otro lado, se suele reprochar al sistema de cálculo de tarifas en general, que éstas se establecen en función de estimaciones anuales de consumos y costes, lo que motiva que las variaciones en el coste de la prestación del servicio y del valor relativo del recurso, provocados por ejemplo por cambios climáticos durante el año²¹⁹, no puedan ser repercutidas en las tarifas. Esto hace que las tarifas de agua no transmitan señales reales sobre el coste del servicio y las circunstancias específicas de cada región.

En el caso del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, jugamos con la ventaja de que este problema no se materializa con tanta intensidad, puesto que las estimaciones de costes y de caudal a tratar son más constantes y previsibles en el tiempo que los que se refieren al servicio de

²¹⁷ No se incluyen aquellos que son cubiertos por subvenciones.

²¹⁸ Naredo (1997:180) considera que en el caso del agua “...no se consume toda el agua usada, sino que en parte se devuelve, directa o indirectamente, al “sistema del recurso” sin que lo registre el contador. Por lo que habría que facturar no sólo en razón del caudal utilizado, sino también del devuelto, atendiendo a la diferencia que se observa entre ambos en cantidad y calidad”.

²¹⁹ En este sentido, autores como García (2000) sugieren que cuando existen demandas fluctuantes bajo, el supuesto de que el monopolista persiga maximizar el bienestar social, se ha de proceder a la discriminación de precios, fijando un precio diferente en cada uno de los períodos, abogando por los sistemas de tarificación de carga máxima que veíamos anteriormente.

abastecimiento²²⁰ dado que no dependen tanto de factores aleatorios como las precipitaciones o la temperatura.

Según esto podríamos afirmar que las tarifas definidas sobre estimaciones de costes del servicio de depuración suelen ser más precisas que las tarifas de abastecimiento.

4.3.3.2. Estimación del grado de contaminación

Otro problema que se plantea en el cálculo de una tasa de depuración es el que se refiere al nivel de contaminación del agua. En este sentido el volumen de agua facturado en el abastecimiento puede ser un buen indicador de la cantidad de agua vertida pero no lo es tanto del contenido del mismo, en lo que se refiere a grado de contaminación.

Así si para el consumo doméstico la carga contaminante del vertido tiende a ser homogénea en el conjunto de los usuarios, para el resto de los consumos, y en especial para el sector industrial, la carga contaminante de los procesos productivos y en consecuencia el coste de depuración de agua varía enormemente.

Cualquier sistema tarifario que no considere, de alguna forma, la carga contaminante de los vertidos, no incentiva ni la adopción de tecnologías y comportamientos poco contaminantes ni su depuración previa, de hecho la falta de incentivos y de control hace que muchas empresas utilicen la red de alcantarillado como vertedero para todo tipo de sustancias.

En este sentido, un sistema tarifario eficiente requerirá tener en cuenta, además del volumen de vertido, el contenido del mismo. El problema radica en

²²⁰ En este tipo de actividades la demanda varía según las estaciones del año, el día de la semana o la hora del día que se considere.

que el coste que supone la aplicación de estos sistemas de control puede resultar muy elevado.

En el caso concreto de usuarios industriales, que suelen ser escasos y sus vertidos de gran volumen y carga contaminante, con diferencias sectoriales considerables, puede estar justificada la instalación de contadores individuales de los vertidos que permitan la definición de sistemas tarifarios en función del agua realmente vertida y del contenido de la misma.

Una opción de interés para la tarificación de los usuarios comerciales e industriales es la definición de un sistema de coeficientes correctores sectoriales, por ramas de actividad, de las tarifas en función de una estimación de la carga contaminante por m³ de agua en cada uno de los sectores (Rees, 1982). De manera que cuánto mayor sea la carga contaminante de cada sector mayor sería el coeficiente aplicable sobre las tarifas base.

Con objeto de incentivar la reducción de la carga contaminante de los vertidos podrían definirse, dentro de los coeficientes correctores de cada rama, unas bonificaciones tarifarias por la adopción de tecnologías “limpias” en las industrias o en los comercios.

De hecho podríamos matizar que una política tarifaria que se precie de ser eficaz no debe, únicamente, gravar el consumo sino también premiar el uso de sistemas de control en lo que respecta a la calidad del agua.

4.3.3.3. Existencia de subvenciones que esconden el verdadero coste del proceso

A la hora de solventar los problemas de financiación para la instalación de estaciones depuradoras los ayuntamientos suelen recibir respaldo económico de organismos con mayor ámbito territorial, a través de subvenciones.

Estas entidades entregan la planta al ayuntamiento, una vez construida, para que éste se encargue de su explotación.

Esto supone, en muchos casos, costes de mantenimiento (que como ya hemos visto pueden ser incluso superiores a los de instalación), conservación, energía y reactivos que los pequeños ayuntamientos no están en condiciones de soportar, con lo cual resulta mas económico abandonar la planta y volver a la situación original sin haber resuelto el problema²²¹.

Hay que tener en cuenta, además que con esta forma de proceder, según reconoce Tabarra (2002:5), no se está teniendo en cuenta el valor de oportunidad o de escasez del agua, sino que se está subvencionando el agua, incumpliendo de esta forma, el principio de recuperación íntegra de costes, puesto que el usuario no internaliza totalmente todos los costes del agua.

Por otro lado, hay que añadir que la tendencia actual apunta hacia la eliminación de todo tipo de subvenciones como medio ordinario de financiación del servicio de abastecimiento y saneamiento de agua (Ostos y Rico, 1998).

En función de lo expuesto a lo largo de este capítulo propondremos, en el siguiente apartado, un modelo tarifario adaptado al cálculo de la tasa de depuración que, además de superar las deficiencias detectadas, nos permita llevar a cabo una recuperación íntegra de costes y una mejor gestión del proceso.

²²¹ Para solventar este inconveniente el Plan Hidrológico Insular de Tenerife (Memoria, 10-5) sugiere que *“tanto plantas como emisarios no sólo sean financiados, sino explotados por organismos supramunicipales. Ello permite una reducción considerable de los costes, tanto de inversión como de gestión y explotación, ya que conduce a que se concentren los efluentes municipales y hace posible considerar plantas de dimensiones mayores y en menor número. Además al construirse las infraestructuras por las mismas entidades que las van a explotar con posterioridad, se pone mucha mayor atención en relación con esta explotación a la hora del diseño y la construcción y es una solución que favorece la aplicación de políticas tarifarias realistas que garanticen el equilibrio económico del servicio prestado. Por último se amplía la rentabilidad de extender la red de saneamiento al conjunto de la población, evitando la proliferación excesiva de fosas sépticas particulares que son fuentes potenciales de importantes problemas medioambientales y de contaminación de acuíferos”*.

4.4. PROPUESTA DE UN MODELO TARIFARIO PARA EL CALCULO DE LA TASA DE DEPURACIÓN

Recordemos que, aunque el servicio de saneamiento incluye alcantarillado y depuración, en nuestro caso nos centraremos, únicamente, en el cálculo de una tasa que permita financiar el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales.

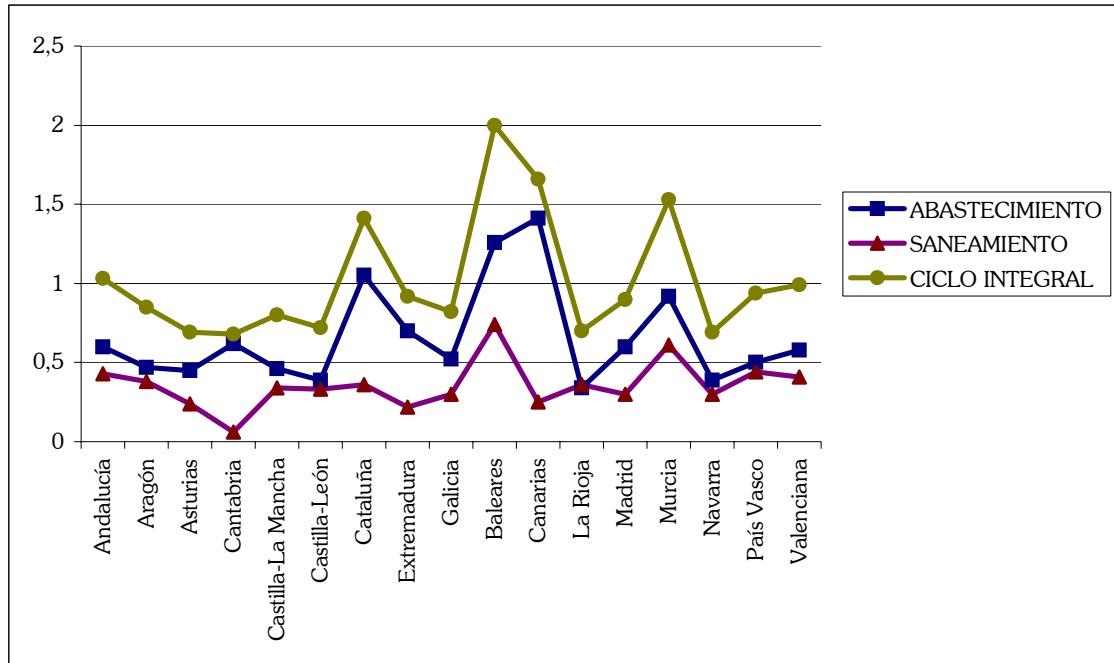
Conscientes de los inconvenientes, a los que hacíamos alusión en el punto anterior, en cuánto a la cantidad de agua depurada en relación con la facturada y al tipo de vertido, la OCDE (1987) considera que, en principio, el uso de un sistema tarifario volumétrico constituye un adecuado sistema para la gestión del servicio. Aunque recomienda, sin embargo, estudiar la posibilidad de incentivar el uso eficiente del servicio distinguiendo entre tipos de usuarios y su potencial contaminante.

A través del *Gráfico 4.2* que se muestra a continuación, volvemos a hacer hincapié en la existencia de notables diferencias en lo que respecta al importe de la tasa de saneamiento entre las distintas comunidades autónomas.

Observamos como no en todos los casos el mayor o menor importe de la tasa de saneamiento va de acuerdo con el coste del ciclo hidrológico.

En este caso precisamente, Canarias, a pesar de ser una de las Comunidades cuyo ciclo integral del agua resulta más caro, ingresa sólo un 15% del total en concepto de tasa de saneamiento.

GRÁFICO 4.1
TARIFAS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO, POR COMUNIDAD
AUTÓNOMA, AÑO 2002



FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos publicados en la Encuesta de Tarifas 2002, AEAS-AGA

Concretamente, la desigual distribución en el espacio de este recurso plantea un importante problema de tarificación, por cuanto las consideraciones de equidad entran en colisión con el hecho de que desde la óptica de la eficiencia, los consumidores residentes en zonas de limitación del recurso deberían pagar precios considerablemente mayores.

Conscientes de los inconvenientes que supone encontrar una estructura tarifara óptima en lo que a la depuración se refiere nos proponemos, en este apartado, sugerir un modelo de tarifa adaptado a las necesidades financieras e informativas de esta actividad en cuestión, para ello el primer paso que consideramos fundamental es definir los objetivos que pretendemos alcanzar con dicho sistema tarifario.

4.4.1. Fijación de objetivos

La determinación de la estructura tarifaria supone buscar un equilibrio entre eficiencia económica y reparto equitativo de costes lo que, inevitablemente, conlleva altas dosis de subjetividad.

Sáenz (2000) entiende que a la hora de diseñar el sistema tarifario de un servicio público habrá que determinar el nivel y estructura de tarifas que maximice el bienestar social²²² y que tenga en cuenta las restricciones económicas, financieras y sociales que existan en un momento dado, de manera que se tienda hacia una eficiencia económica²²³ en la asignación y la autofinanciación²²⁴ del servicio.

Según recomienda la Ley 8/1989, de 13 de abril, de Tasas y Precios Públicos, a la hora de establecer el importe de las tasas, estas deberán cubrir el coste del servicio, según el principio de equivalencia, y además deberán tener en cuenta, cuando lo permitan las características del tributo, la capacidad económica de los contribuyentes²²⁵.

Por lo tanto, volvemos a enfrentarnos con la multitud de objetivos que debe perseguir el establecimiento de una tarifa de agua, entre los cuales pueden existir incluso conflictos por lo que resulta esencial dar un orden de prioridad en función de los intereses generales.

En nuestro caso vamos a centrarnos en tres objetivos fundamentales a la hora de diseñar un sistema tarifario eficiente para el caso del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, y con los cuales aspiramos a diseñar un modelo de tarifa completo:

²²² Refiriéndose este bienestar social a cuestiones de eficiencia y equidad.

²²³ Recordemos que desde el punto de vista de la eficiencia económica, la asignación del servicio es óptima cuando la tarifa se iguala al coste marginal de producción del servicio.

²²⁴ Es decir, recuperar vía ingresos todos los costes que supone la prestación del servicio.

²²⁵ Principio de capacidad económica.

1. Que permita la recuperación de todos los costes incurridos en la prestación del servicio vía tarifa.
2. Que sirva como instrumento de gestión de la demanda
3. Que suponga un apoyo a políticas anticontaminantes.
4. Que ofrezca una información transparente y fiable.

4.4.2. Diseño del modelo tarifario

Hemos visto en el Capítulo anterior como, en un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales, podemos distinguir tres tipos de costes, directos específicos, directos no específicos e indirectos.

De manera que podríamos clasificar el grupo de elementos de costes que intervienen en un proceso genérico de depuración y reutilización de aguas, tal y como figura en el *Cuadro 4.5*, en tres bloques.

CUADRO 4.5
 CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE COSTE QUE INTERVIENEN EN
 UN PROCESO DE DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS
 RESIDUALES

GENERALES	ESPECÍFICOS	
	Depuración	Reutilización
Costes Indirectos	Costes directos específicos del proceso de depuración de aguas residuales	Costes directos específicos del proceso de regeneración de aguas residuales

FUENTE: Elaboración propia.

Por lo tanto, sería interesante utilizar en el caso de la tasa de depuración y reutilización y/o vertido de aguas residuales, una tarifa binomio que, siguiendo a Fernández (1998), contenga una cuota de servicio y otra de consumo.

Este autor considera razonable imputar a la cuota de servicio tanto los costes directamente asociados al abonado como aquellos otros que se deben a

la dimensión o capacidad de suministro del servicio, es decir, todos los costes fijos, e imputar a la cuota de consumo los costes estrictamente relacionados con el volumen de servicio proporcionado, es decir, los costes variables.

Queda claro que hay que buscar un equilibrio entre cuota de servicio y cuota de consumo, de forma que la cuota de consumo transmita al usuario un mensaje preciso de que el bien que consume es limitado y costoso, y la cuota de servicio debe hacer contribuir a todos aquellos usuarios que imponen la necesidad de que haya unas instalaciones, aunque luego no hagan uso de ellas, o no hagan al menos un consumo proporcionado a sus exigencias de disponibilidad.

Siguiendo esta distinción nosotros hablaremos de cuota general y cuota específica:

Cuota General: Que incluirá únicamente la parte de costes indirectos soportados a lo largo del proceso, fundamentalmente referidos a los costes asociados a la instalación de la planta²²⁶, siendo esta cantidad independiente del agua suministrada o depurada en un determinado período.

Este primer término de la tarifa nos permitiría cumplir con el principio de equidad que se exige en el diseño de toda tarifa pública.

Aunque hemos optado por distribuir el coste de depuración entre los ciudadanos que se benefician directamente de este servicio nos planteamos si resulta más justo, a nivel social, que este importe se reparta entre el número de consumidores totales de agua, puesto que, aunque los usuarios no conectados a la red de alcantarillado no se están beneficiando directamente de este servicio, sí lo hacen indirectamente, en la medida en que, como ya hemos visto, el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales genera un doble beneficio social que afecta a todos los ciudadanos; por un lado al evitar el deterioro medioambiental y por otro lado al fomentar el ahorro de agua blanca.

²²⁶ Movimiento de tierras, drenajes, edificios, urbanización, alumbrado,...

Como ya adelantábamos, y a pesar de las reflexiones expuestas en el párrafo anterior, hemos decidido, siendo fieles al principio de equidad, determinar el importe de la cuota general en función de la capacidad contaminante de cada vivienda conectada a la red de alcantarillado.

De ahí que hayamos optado por calcular en primer lugar una “*cuota general unitaria*”, resultado de dividir el total de costes indirectos relacionados con la instalación de la EDAR, normalmente cubiertos con subvenciones, y los costes a soportar por el período, entre el total de contaminación que la depuradora trata²²⁷ en cada momento del tiempo, según figura en el cuadro siguiente:

$$\text{Cuota general unitaria (Cgu)} = \frac{\text{C. indirectos de instalación} + \text{C. del período (€)}}{\text{Total contaminación tratada (kgs)}}$$

Con el objeto de estimar la cantidad total que debe pagar cada vivienda por este concepto (cuota general por vivienda) se multiplicará la cuota general unitaria (Cgu) por el número de habitantes equivalentes asociados a cada vivienda

$$\text{Cuota general vivienda: Contaminación por vivienda} * \text{Cgu}$$

En nuestro caso, y con los datos utilizados en el capítulo anterior, la **cuota general unitaria** se obtendría de la siguiente forma:

1. Haríamos una estimación de los costes generales indirectos, es decir no asociados a ninguna actividad, de infraestructura y relacionados con el período objeto de estudio.

²²⁷ Recordemos que la cantidad de contaminación que una estación depuradora es capaz de “digerir” se mide en habitantes equivalentes. Se considera que 1 habitante genera 60 gramos al día de productos contaminantes

En el *Cuadro 4.6* que se incluye a continuación se detallan los costes de esta naturaleza identificados en el Capítulo 3 de este trabajo. Concretamente de los datos incluidos en el *Cuadro 3.7* se han seleccionado solamente aquellos que, habiéndose identificado como de infraestructura, no se han considerado como directos a las actividades.

CUADRO 4.6
PRESUPUESTO DE COSTES GENERALES INDIRECTOS DE
INFRAESTRUCTURA

CONCEPTO	Importe (euros)	Total anual
OBRA CIVIL		72.900
Movimiento general de tierras	1.400.000	
Drenajes, vaciados	420.000	
Edificios de control y explotación	975.000	
Urbanización, servicios, cerramiento y otros	850.000	
EQUIPOS ELÉCTRICOS		59.400
Equipos eléctricos acometida en media tensión (20 kv)	250.000	
Equipos eléctricos	290.000	
Armarios eléctricos en baja tensión	475.000	
Cableado a receptores en baja tensión	350.000	
Instalación de alumbrado, tierras y otros	120.000	
EQUIPOS DE CONTROL	Importe (euros)	15.000
Equipos de control	375.000	
TOTAL		147.300

FUENTE: Elaboración propia a partir de la información facilitada por Ondeo Degrémont, S.A.

Considerando que la EDARSC tiene una capacidad de 450.000 habitantes equivalentes, lo que la convierte en apta para tratar unos 27.000.000 gramos de contaminación al día ($450.000 * 60$ gramos de DBO) o lo que es lo mismo 9.855.000 kgs. al año, la cuota general unitaria sería de 0,02 euros por kilogramo de contaminación.

2. Incluiríamos las cantidades absorbidas por aquellas actividades principales identificadas como no operativas cuyo coste es asumido por el período. En nuestro caso tendríamos solamente la cantidad que corresponde a

la actividad “Gestión administrativa” cuyo importe, sin tener en cuenta los costes indirectos de infraestructura incorporados en el apartado anterior, sería de 65.078,798 €.

$$\text{Cuota general unitaria (Cgu)} = \frac{147.300 + 65.078,798}{9.855.000} = 0,02 \text{ €/kgs. de contaminación}$$

Con lo cual el importe de la cuota general anual en concepto de tasa de saneamiento para una familia de dos miembros sería de;

$$2 * 0,060 \text{ kilogramos} * 365 \text{ días} * 0,02 = 0,876 \text{ euros al año}$$

Cuota Específica: Que a su vez podríamos dividir en dos partes, según los procesos; cuota de Depuración y cuota de Reutilización.

En cada una de ellas se incluirían los costes específicos asociados a cada proceso y calculados según el modelo propuesto en el capítulo anterior.

$$\text{Cuota de Depuración} = \frac{\text{Costes específicos de depuración}}{\text{Metros cúbicos estimados a tratar}}$$

$$\text{Cuota de Reutilización} = \frac{\text{Costes específicos de reutilización}}{\text{Metros cúbicos estimados a tratar}}$$

La Cuota de Reutilización quedará corregida en función de los importes recibidos como consecuencia de la venta del producto, de la siguiente manera:

$$\text{Cuota (Reut./Dep.)} = \frac{\text{Costes específicos} - \text{Ingresos por venta}}{\text{Metros cúbicos estimados a tratar}}$$

Con los datos utilizados en el Capítulo 3 de este trabajo obtendríamos los siguientes valores, partiendo de la suposición de que todo lo que se factura se depura y de que los ingresos por venta del agua regenerada son nulos.

Para ello hemos utilizado las posibilidades que nos ofrece GECO, planteando los cálculos de igual forma que para la Simulación 1 del apartado 3.4.7.1 del Capítulo 3, pero sin incluir los costes indirectos de infraestructura, incorporados en la Cuota General.

De esta forma obtenemos los costes totales específicos asociados con cada actividad:

	Agua Depurada	Agua Regenerada
Pretratamiento	461.503,37	0
T. Primario	671.229,39	0
T. Secundario	1.194.992	0
T. Terciario	0	276.345,1831
TOTAL	2.327.724,76	276.345,1831
Caudal a tratar	14.600.000	1.600.000
Coste unitario	0,16 €/m³	0,17 €/m³

En definitiva, la factura de agua en lo que respecta a la tasa de depuración vendría desglosada de la siguiente forma:

- a) Una *cuota general por vivienda* anual revisable en cada período en función de la cantidad de contaminación a tratar y del número de habitantes equivalentes asociados a cada vivienda, distribuida según los períodos a facturar.
- b) Una *cuota específica de depuración*, en función de los metros cúbicos consumidos.
- c) Una *cuota específica de reutilización* en función de los metros cúbicos consumidos.

Por lo tanto, suponiendo un consumo al mes de 18 m³ en una vivienda de 2 habitantes, y partiendo de la hipótesis de que se depura todo lo que se factura y, al mismo tiempo, se reutiliza todo lo que se depura, la tasa mensual de depuración quedaría desglosada de la siguiente forma:

Cuota general por vivienda (0,876 / 12).....	0,073 €
Cuota específica de depuración (18 * 0,16)	2,88 €
Cuota específica de reutilización (18 * 0,17).....	3,06 €
TOTAL MES.....	6,013 €

En comparación con la tarifa de depuración y/o vertido que publicó EMMASA para el año 2005 (0,134 €/m³)²²⁸ nuestra propuesta supondría un incremento en el importe de la tasa de depuración de 3,601 € aproximadamente.

		TOTAL
EMMASA	0,134*18	2,412
PROPUESTA		6,013
DIFERENCIA		3,601

Esta diferencia se debe, fundamentalmente a dos aspectos;

1. La tasa calculada por EMMASA no incorpora los costes de infraestructura de la EDAR.
2. El coste de depuración y/o vertido, según figura como concepto de esta tasa, no está distribuido entre los metros cúbicos tratados sino entre los facturados, lo que se traduce en un coste unitario menor por metro cúbico consumido. Nosotros estamos partiendo de la hipótesis, tal y como ya hemos especificado, que todo lo que

²²⁸ En www.emmasa.com

se factura se depura, siendo coherentes con los requisitos de la ya mencionada Directiva 91/271/CEE.

A continuación reflexionaremos, en los siguientes párrafos, sobre la capacidad de respuesta del modelo de tarificación propuesto con respecto a los objetivos planteados al principio de este apartado.

4.4.2.1. Recuperación de costes

La Ley de Aguas, la Ley Reguladora de las Haciendas Locales y la Ley de Tasas y Precios Públicos, establecen un régimen económico-financiero de los servicios del agua con base en el principio de autosuficiencia tarifaria.

En virtud de este principio, el precio de agua debe cubrir todos los costes generados como consecuencia de la prestación de dichas actividades. Sea cual sea la forma de gestión del servicio, la tarifa de agua debe establecerse de tal forma que los ingresos previstos se equiparen con los costes derivados de la prestación del servicio durante el período considerado.

En el apartado 1 del artículo 9 de la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, se establece que, además de proporcionar incentivos adecuados para el uso eficiente del agua, la política de precios deberá garantizar una recuperación íntegra de los costes de los servicios relacionados con este recurso.

Concretamente, el concepto de recuperación íntegra de coste es definido por el artículo 2.33 de dicha Directiva como *“el pago por el usuario, mediante precios o cuotas, de los siguientes elementos de coste de todo servicio prestado en relación con el agua: costes de explotación y mantenimiento; costes de mantenimiento de los equipos; coste de inversión (pago del principal e intereses); y reservas para futuras inversiones y ampliaciones”*.

Revisando el sistema tarifario propuesto hemos comprobado que efectivamente permite una recuperación íntegra de coste según se exige en la Directiva Marco del Agua, incluyendo los que se refieren a la construcción de las plantas depuradoras.

Esto supone la posibilidad de que los propios usuarios del servicio financien la puesta en funcionamiento de este tipo de instalaciones. Habría que matizar que, siguiendo a Perdigó (1998:14) el criterio de “recuperación íntegra de costes” elimina cualquier posibilidad de precios políticos, aspecto que no hemos tenido en cuenta en nuestra propuesta.

4.4.2.2. Ahorro de agua

Como ya hemos comentado, resulta fundamental encontrar un equilibrio entre la cuota general y la cuota específica, de forma que la cuota de específica debe ser capaz de transmitir a los usuarios un mensaje claro sobre la necesidad de depurar y reutilizar aguas residuales en beneficio de todos, primero por el impacto medioambiental positivo que este servicio supone y, segundo por el ahorro de agua blanca que implica la reutilización de aguas residuales.

Ya hemos visto, en el apartado 4.2.3, que el uso de un sistema de tarificación de tipo binomio por bloques crecientes “castiga” el derroche y, por lo tanto, favorece el ahorro de agua, puesto que cuánto más se consume más se paga.

En función de esta particularidad, el modelo tarifario propuesto para la tasa de depuración y reutilización de aguas residuales se basa en un sistema tarifario de este tipo, beneficiándose, por lo tanto, de las ventajas en relación con el ahorro de agua, asociadas a esta opción financiera.

4.4.2.3. Apoyo a técnicas y políticas anticontaminantes

Una correcta política tarifaria se basa en la medición de todos los consumos sea cual fuere el uso del agua. Sin embargo para conseguir un uso más racional de este recurso el precio debe estar relacionado con la cantidad de carga contaminante que contenga el agua residual.

En este sentido observamos que sería interesante establecer unos porcentajes correctores por sectores, tal y como ya habíamos adelantado en el apartado 4.3.3.2, que permitiesen fomentar el uso de técnicas y políticas anticontaminantes

Hemos visto que uno de los mayores problemas con los que se enfrentan las empresas gestoras de un proceso de depuración y reutilización de aguas residuales es la cada vez mayor cantidad de contaminación concentrada en las aguas residuales a tratar. Esto hace que el tratamiento del agua residual sea cada vez más complejo y sus posibilidades de reutilización menores.

Con la incorporación de estos índices al importe global de la tasa de depuración y reutilización de aguas residuales se pretende sancionar, de alguna forma, el vertido de sustancias contaminantes al alcantarillado.

En el espacio geográfico que hemos estado usando para apoyar nuestros argumentos, no existen demasiadas industrias contaminantes, sin embargo se ha detectado que la existencia de una gran cantidad de hoteles, sobre todo en la zona sur de la isla, que vierten el agua de sus piscinas de agua salada al alcantarillado está provocando enormes problemas en el tratamiento del agua residual.

Con la incorporación de estos factores correctores en el importe de la tasa de depuración se pretende fomentar la inversión en tecnología para tratar el agua de las piscinas antes del vertido o bien que sea reutilizada en los propios hoteles, como ya se hace en algunos países.

4.4.2.4. Transparencia informativa

El recibo del agua es único y, aunque engloba los costes de los servicios de abastecimiento y saneamiento, es fundamentalmente interpretado por los usuarios como el pago inevitable que hay que hacer si se quiere disponer de agua en el domicilio.

La mayor o menor conciencia que se tenga de que parte del recibo está destinado a mantener un servicio de recuperación o protección ambiental depende en gran medida de las campañas de información y de divulgación entre los usuarios y del mayor o menor grado de internalización de los efectos de la contaminación y su eliminación.

Tal y como reconocen Moreno y Caridad (2002:282) “... *sobre las tasas de depuración, la información es más difusa*”. También Gómez y Garrido (1998) consideran que “*el precio del agua tiene una influencia ambigua o difusa en el consumo debido a la deficiente información con que cuenta el consumidor para saber exactamente el precio de las unidades consumidas*”.

En definitiva, la distinción entre el importe que porcentualmente cada ciudadano destina a la depuración de aguas residuales y a la reutilización del agua depurada tiene la intención de convertir al consumidor en protagonista de este ciclo hidrológico que en definitiva, es de todos. Y por otro lado, alimentar la percepción del agua como recurso costoso para el que es necesario encontrar alternativas de ahorro, como es el caso de la reutilización.

Con el sistema tarifario propuesto para el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales el ciudadano es consciente de que una parte de su aportación económica se invierte en la reutilización de aguas, cada m³ de agua depurada que se consiga aprovechar supone un m³ de agua blanca ahorrada, que permanecerá para alimentar las reservas.

ANEXO 4.1

ESTRUCTURA DE LAS TARIFA DOMÉSTICA DE LOS MUNICIPIOS DE LA ISLA DE TENERIFE

Municipio	Población	B.O.C.	Periodo	C.S o M.C.	Fija €		Bloque I €/m³		Bloque II €/m³		Bloque III €/m³		Bloque IV €/m³		Bloque V €/m³	
					Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo
SURESTE																
Santa Cruz	211.930	31/12/1999	Bimestral	12,76	-	-	0,37	1-10	0,44	11-20	1,14	21-40	1,39	41-60	1,80	>60
El Rosario	11.544	15/06/2001	Bimestral	-	6,85	0-10	0,81	11-40	1,24	41-60	1,37	>60	-	-	-	-
Candelaria	12.681	25/02/2000	Bimestral	-	6,62	0-10	0,80	11-30	0,97	31-60	1,35	>60	-	-	-	-
Arafo	4.536	16/06/2000	Bimestral	-	5,88	0-10	0,81	11-30	1,03	31-60	1,20	>60	-	-	-	-
Güímar	13.761	19/05/2000	Bimestral	2,71	6,57	0-10	0,71	11-30	1,02	31-60	1,54	>60	-	-	-	-
SUR																
Fasnia	2.378	4/10/2000	Bimestral	-	5,35	0-10	1,08	11-30	1,68	31-70	1,82	>70	-	-	-	-
Arico	5.053	22/06/2000	Bimestral	-	5,71	0-10	0,96	11-30	1,08	31-70	1,32	>70	-	-	-	-
Granadilla Abona	17.321	27/10/1997	Bimestral	-	7,90	0-10	0,78	11-25	1,02	25-40	1,44	>40	-	-	-	-
San Miguel Abona	5.722	12/01/1996	Mensual	-	3,91	0-6	0,74	7-30	1,08	>30	-	-	-	-	-	-
Vilaflor	1.506	10/08/1988	Mensual	-	0,60	0-5	0,24	5-7	0,60	>7	-	-	-	-	-	-
SUROESTE																
Arona	26.312	30/06/2000	Bimestral	-	15,37	0-16	0,97	17-30	1,03	31-45	1,10	46-60	1,32	>60	-	-
Adeje	13.605	6/04/1998	Bimestral	-	9,56	0-10	2,95	11-14	1,09	15-26	1,28	27-35	1,50	36-44	1,56	>44
Guía de Isora	11.958	10/01/2000	Bimestral	-	4,69	0-10	0,47	11-20	0,62	21-40	0,62	41-60	1,15	>60	-	-
Santiago del Teide	8.069	24/11/2000	Bimestral	6,32	-	-	0,42	0-20	0,55	21-40	0,69	>40	-	-	-	-

FUENTE: Elaboración propia, a partir de la información publicada en la página web del Consejo Insular de aguas de Tenerife.

ESTRUCTURA DE LAS TARIFA DOMÉSTICA DE LOS MUNICIPIOS DE LA ISLA DE TENERIFE.

Municipio	Población	B.O.C.	Periodo	C.S o M.C.	Fija €		Bloque I €/m ³		Bloque II €/m ³		Bloque III €/m ³		Bloque IV €/m ³		Bloque V €/m ³	
					Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo	Precio	Tramo
NOROESTE																
Buenavista Norte	5.469	7/04/2000	Bimestral	-	5,95	0-10	0,66	11-50	1,32	>50	-	-	-	-	-	-
Los Silos	5.230	7/04/2000	Bimestral	2,40	0,48	0-20	0,54	21-30	0,73	31-40	0,87	41-50	1,06	>50	-	-
El Tanque	3.242	18/07/2001	Trimestral	-	5,02	0-15	0,3	16-30	0,46	31-40	0,63	>40	-	-	-	-
Garachico	5.497	26/06/2000	Bimestral	-	0,42	0-20	0,64	21-40	0,74	41-50	0,89	>50	-	-	-	-
Icod de los Vinos	22.079	27/07/2001	Trimestral	23,44	-	-	0,75	única	-	-	-	-	-	-	-	-
La Guancha	5.140	12/08/1998	Bimestral	-	2,58	0-5	0,60	6-15	0,75	16-40	1,32	>40	-	-	-	-
San Juan Rambla	4.645	6/05/1996	Trimestral	-	6,61	0-15	0,45	16-75	1,32	>75	-	-	-	-	-	-
NORTE																
Los Realejos	32.469	12/08/1998	Bimestral	1,80	7,15	0-14	0,51	15-40	0,94	41-80	1,95	>80	-	-	-	-
Puerto de la Cruz	24.050	11/04/2000	Bimestral	3,23	-	-	0,52	0-36	0,62	36-48	0,77	>48	-	-	-	-
La Orotava	35.775		Bimestral	4,45	10,06	0-18	0,68	19-40	1,05	41-80	2,21	>80	-	-	-	-
NOROESTE																
Santa Úrsula	9.943	11/04/2001	Bimestral	-	5,53	0-10	0,55	11-30	0,60	31-60	0,77	61-120	1,13	>120	-	-
La Victoria	7.566	21/05/1993	Bimestral	-	6,01	0-10	0,70	11-30	0,77	31-50	0,89	>51	-	-	-	-
La Matanza	6.377	27/01/1993	Bimestral	-	5,47	0-10	0,61	10-35	0,90	35-60	1,68	>60	-	-	-	-
El Sauzal	6.912	26/03/1997	Bimestral	-	9,74	0-15	0,99	16-60	1,95	61-80	2,73	>80	-	-	-	-
Tacoronte	20.026	19/07/2000	Bimestral	-	-	-	0,33	0-20	0,72	21-30	1,11	31-40	1,38	41-55	2,94	>55
La Laguna	127.945	19/06/2000	Bimestral	-	-	-	0,26	0-20	1,05	21-30	1,87	31-40	2,51	41-55	2,96	>55
Tegueste	8.744	25/06/2001	Trimestral	2,45	-	-	15,23	0,-18	1,05	19-70	1,47	>70	-	-	-	-

FUENTE: Elaboración propia, a partir de la información publicada en la página web del Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

CONCLUSIONES

Y REFLEXIONES FINALES

INTRODUCCIÓN

En esta última parte del trabajo trataremos de recoger las conclusiones más relevantes obtenidas a través de lo expuesto en los capítulos anteriores, junto con unas breves reflexiones sobre las aportaciones que consideramos más importantes de esta tesis doctoral y sus posibles líneas de investigación de cara al futuro.

A través de estas páginas hemos tratado de justificar la importancia de la reutilización de aguas residuales dentro de una planificación racional del ciclo hidrológico, hemos diseñado y desarrollado un modelo de costes, apoyando nuestra propuesta teórica con una aplicación práctica del modelo, hemos sugerido un Cuadro de Mando Integral adaptado a este tipo de actividades en concreto y, por último, hemos tratado de buscar una respuesta financiera capaz de sostener económicamente lo que consideramos una alternativa hidrológica que tendrá mucho que decir en un futuro no tan lejano.

Somos conscientes de que nuestro camino empieza ahora que hemos conseguido abrir una puerta y las reflexiones “finales” que se recogen en esta última parte de este trabajo, no tienen la intención de cerrar un bloque sino más bien de abrir nuevas alternativas de investigación.

1. CONCLUSIONES

Con el fin de dar cierto orden a las conclusiones obtenidas de la realización de este trabajo hemos optado por agruparlas en dos apartados; en primer lugar recogeremos las que tienen que ver con el diseño y desarrollo del modelo de costes y de gestión propuesto y, en segundo lugar, analizaremos los resultados que entendemos más significativos de la aplicación empírica del modelo.

1.1. CONCLUSIONES REFERIDAS AL DISEÑO Y DESARROLLO DEL MODELO DE COSTES Y DE GESTIÓN PROPUESTO

Hemos recogido las conclusiones relacionadas con el diseño y desarrollo del modelo de costes y de gestión propuesto en cuatro apartados, en función de su relación con lo que entendemos han sido los cuatro aspectos básicos de la investigación:

1. El agua, un recurso que exige un cambio en su filosofía de gestión
2. La obtención de agua regenerada como nuevo recurso hidrológico
3. El modelo de costes y de gestión basado en las actividades en la planificación hidrológica
4. Las tarifas como sistemas de autofinanciación de los servicios hidrológicos

1.1.1. El agua, un recurso que exige un cambio en su filosofía de gestión

A raíz del proceso de maduración de conceptos, al que hemos hecho alusión en la introducción de esta Tesis, nos hemos dado cuenta de que, efectivamente, el agua es un recurso escaso pero sólo en aquellas áreas geográficas en las que los factores geoclimáticos son adversos, no se puede aprovechar el agua del mar y no se cuenta con medios económicos suficientes para poner en marcha alternativas de producción hidrológicas.

Recordando las palabras de Martínez (1997:55), que ya transcribíamos en el Capítulo 1, *“la escasez del agua, entendida como tal la limitación a su disponibilidad, se plantea únicamente cuando pretendemos seguir manteniendo determinadas pautas de uso, consumo, coste y degradación que no son ya sostenibles, tanto por razones económicas como de gestión”*.

Esta reflexión pone sobre la mesa dos alternativas entre las que debemos elegir; por un lado el aumento de la oferta hidrológica a base de nuevas obras hidráulicas y por otro, la puesta en marcha de nuevos mecanismos de gestión del agua que nos permitan sacarle el máximo rendimiento a los recursos de los que disponemos.

De entre estas dos opciones la segunda nos parece la más coherente y, en definitiva, es el pilar sobre el que se apoya toda nuestra investigación.

1.1.2. La obtención de agua regenerada como nuevo recurso hidrológico

El convencimiento de que resulta primordial poner en funcionamiento un nuevo modelo económico y social de gestión del agua, que adopte la nueva visión que comentábamos en el apartado anterior, nos ha llevado a centrar nuestro interés en la reutilización de aguas residuales.

Dentro de esta nueva inquietud por llevar a cabo una gestión eficiente del ciclo, el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales cobra especial importancia en cuánto que supone; por un lado, un ahorro importante de este bien, al permitir reutilizar el agua depurada en determinadas actividades y, por otro lado, una forma de garantizar el tan preciado equilibrio ecológico, al someter al agua ya utilizada a un tratamiento de limpieza antes de ser vertida al medio.

En definitiva, con esta actividad el ser humano consigue cerrar un ciclo que hasta hace poco era la propia naturaleza la única que tenía facultades para llevarlo a cabo.

Sin embargo, hemos percibido que, a pesar de los problemas de disponibilidad de agua, concretamente en el área objeto de estudio, se prefiere utilizar para el riego agrícola y de jardines agua de galerías y pozos, e incluso la

obtenida por medio de desaladoras, antes que fomentar el uso de agua regenerada.

Por lo tanto, creemos que resulta fundamental, de acuerdo con la filosofía que defiende la nueva cultura del agua, a la que ya hemos hecho referencia, concentrar nuestros esfuerzos en técnicas como la reutilización de aguas residuales con las que, en definitiva, se consigue liberar parte de la presión que se está ejerciendo sobre los sistemas convencionales de obtención de agua.

1.1.3. La filosofía del modelo ABC como respuesta a las necesidades de gestión en la planificación hidrológica

Conscientes de la necesidad de gestionar el ciclo del agua de forma eficaz y, por otro lado, del papel fundamental que juega la regeneración de aguas residuales como sistema de racionalización hidrológico, hemos analizado las distintas alternativas que la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión ofrecen con el fin llenar lo que considerábamos un vacío desde el punto de vista de la gestión del propio ciclo hidrológico.

Optamos, a partir de los objetivos que pretendíamos cubrir con el modelo de costes y utilizando, fundamentalmente, el sentido común, proponer una ordenación de datos dirigida básicamente a dar respuesta a las necesidades informativas identificadas, de una forma sencilla y lógica.

No pretendíamos aplicar un modelo de costes concreto sino buscar una respuesta, desde el punto de vista de la contabilidad interna, a una problemática específica. Barajamos diferentes opciones a la hora de plantear el modelo y al final optamos por utilizar un modelo que podríamos encuadrar dentro de los denominados HPC (Hybrid System Costing).

Este modelo de carácter híbrido es el resultado de mezclar lo que considerábamos más interesante de los sistemas de costes fundamentales, aunque ha sido el enfoque que aporta el ABC (Activity Based Costing) la razón de ser de nuestra propuesta.

En los sistemas tradicionales los recursos se distribuyen entre centros de costes y éstos, a su vez, entre productos y/o servicios, en cambio la filosofía básica del ABC es la contraria, los productos y/o servicios necesitan de la ejecución de una serie de actividades y para ello, éstas deben consumir recursos.

Esta nueva visión permite detectar, fundamentalmente, la existencia o no de recursos ociosos y si existen actividades que no añaden valor al producto y/o servicio y, por lo tanto, se deben eliminar lo que facilita un mayor control en la gestión del proceso.

1.1.4. Importancia de la tasa de depuración como sistemas de autofinanciación del proceso de depuración y reutilización de aguas residuales

Como resultado de la realización de nuestro estudio hemos observado como uno de los grandes obstáculos que sirven de barrera a la hora de poner en marcha plantas de depuración y reutilización de aguas residuales son las dificultades de carácter financiero.

Las tarifas de agua deben garantizar una cierta autonomía financiera en el ejercicio de las actividades relacionadas con el ciclo del agua, sin embargo debemos tener presentes dos aspectos:

- ✓ En primer lugar, no cabe duda de que el agua es un bien caro, y esa carestía estará en función de las características propias del espacio concreto que estemos analizando. Ya nos adelantaba Arrojo (1999:6) que *“los precios del agua deberían territorializarse*

y localizarse en cada zona en función de los costes que se deriven del suministro, así como según los valores de escasez que resulten de considerar las disponibilidades de cada territorio desde una lógica de gestión sostenible” . De ahí que cualquier intento de generalizar quede anulado por las características específicas de cada espacio geográfico. De hecho el número de casos particulares suele ser tan grande que pone de manifiesto una de las particularidades que presentan los problemas del agua: la inexistencia de solución general y la necesidad de abordar la problemática de cada caso concreto.

- ✓ En segundo lugar, no tiene sentido mantener precios políticos que, después de todo, no aportan una solución, sino que sólo consiguen enmascarar la verdadera naturaleza del problema. El hecho de que el precio del agua sea claramente inferior a su coste desincentiva el ahorro y el uso eficiente de este recurso. Por consiguiente resulta imprescindible equiparar el precio del agua al coste que supone obtenerla, de manera que el cliente tenga una información clara sobre lo que cuesta disponer de dicho recurso. Después de todo somos nosotros los que colaboramos en el encarecimiento del agua. Cuando la cantidad y composición de nuestros vertidos supera la tan menguada capacidad de asimilación de las aguas receptoras, no queda más remedio que poner en marcha más plantas depuradoras que sean capaces de suavizar ese efecto que nosotros mismos provocamos.

Por lo tanto, resulta fundamental diseñar una estructura tarifaria para el servicio de saneamiento que, además de favorecer la recuperación íntegra de los costes, funcione como folleto informativo básico, fomente la gestión racional del agua y el uso de técnicas anticontaminantes.

1.2. CONCLUSIONES REFERIDAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN EMPÍRICA DEL MODELO DE COSTES Y GESTIÓN PROPUESTO

En este apartado expondremos las principales conclusiones a las que hemos llegado de la interpretación de los resultados obtenidos en el Capítulo 3 como consecuencia de la aplicación empírica del modelo de costes y de gestión propuesto.

De los resultados obtenidos hemos verificado, tal y como ya sospechábamos, que tratar un metro cúbico de agua residual con el objeto de que pueda ser aprovechada posteriormente conlleva un menor coste que obtener agua por cualquiera de los otros sistemas analizados; aprovechamiento superficial, subterráneo y desalación.

Por supuesto esto no significa que se deba prescindir de estas tres fuentes de obtención de agua, pero si que se deben dedicar mayores esfuerzos, tanto económicos como humanos, a culminar un proceso que de todas maneras hay que llevar a cabo, con el fin de ir mejorando, poco a poco, la calidad del agua regenerada de forma que se vayan ampliando las alternativas de uso.

Por otro lado, y en la mayoría de los casos, la contaminación que se elimina del agua residual y que se concentra en los llamados fangos podría ser aprovechada, siendo lo más habitual la fabricación de compost para la agricultura. Esta opción supondría un cierre completo del ciclo del agua utilizando técnicas industriales.

Con el modelo propuesto y utilizando las ventajas de cálculo que nos ofrece GECO podemos estimar el coste de un kilogramo de fango seco, al que habría que someter, luego, a un proceso posterior con el fin de que dicho residuo pudiese convertirse en un subproducto con el que poder comercializar.

Hemos comprobado que también la energía es otro de los outputs que la empresa puede obtener como resultado de la realización del propio proceso productivo.

En este caso hemos comprobado como el coste estimado de un kilovatio de energía generada por la propia empresa puede resultar algo inferior al que se adquiere del exterior.

Este resultado confirma, a nivel cuantitativo, el interés que puede presentar la actividad de cogeneración dentro de las plantas de depuración de aguas residuales.

2. APORTACIONES PRINCIPALES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Creemos que la aportación, quizás, más importante de este trabajo radica en el enfoque que ha recibido el problema de la gestión del agua, hasta ahora en manos de ingenieros en obras públicas, hidrólogos, geólogos, químicos,...incorporando el punto de vista de la Contabilidad de Costes y de Gestión.

Apoyándonos en los principios sobre los que se asienta esta ciencia hemos ofrecido una nueva perspectiva desde la cual ofrecer soluciones a un problema, por otro lado, de carácter multidisciplinar.

Además, el HPC (Hybrid Process Costing) diseñado para este proceso en particular resulta perfectamente válido para aplicar en cualquier otro sector. Hemos creado una herramienta de cálculo de costes y de gestión de fácil manejo y que recoge, bajo nuestro punto de vista, todas las ventajas de los principales sistemas de costes.

En esta ardua labor una de las mayores dificultades con la que nos hemos enfrentado ha sido poner orden entre la multitud de conceptos, metodologías y sistemas que impregnan la Ciencia de la Contabilidad de Costes y de Gestión.

De ahí que hayamos optado por la necesidad de dedicar una parte importante del tiempo de investigación en dar, bajo nuestro criterio, coherencia a los conceptos e ideas que participan en el cálculo de los costes y en la gestión de las empresas.

Paralelamente a este trabajo de investigación hemos ido confeccionando un borrador de un posible manual de Contabilidad de Costes a través del cual se pretende dar a conocer ese orden, en lo que a conceptos se refiere, que nos ha servido a la hora de enfrentarnos con el estudio de las distintas herramientas doctrinales que ofrece esta ciencia.

Por último, con la propuesta tarifaria que hemos hecho en el Capítulo 4, pretendemos ser pioneros de un nuevo enfoque relacionado con el cálculo de la tasa de saneamiento, concretamente en lo que se refiere a la depuración.

Hasta ahora los esfuerzos se han centrado, prácticamente, en el diseño de tarifas de abastecimiento capaces de ajustarse a los cada vez más exigentes objetivos, dejando a un lado la de saneamiento. Sin embargo, con este trabajo nos gustaría que el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales consiguiera subir hasta los primeros puestos en el ranking de los servicios de agua, por su importancia en la lucha contra la contaminación y por su potencial de producción de agua.

3. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Como ya comentábamos en la introducción a este trabajo nos hemos *sumergido* en un mundo complejo y apasionante que, sin duda, nos ha atrapado y al que creemos que la Ciencia de la Contabilidad de Coste y de Gestión tiene mucho que aportar.

Estamos convencidos de que la última página que cierra esta tesis doctoral no es, ni mucho menos, el final del trabajo, sino el principio de un nuevo campo de estudio.

Cuánto más leemos más nos damos cuenta de todo lo que nos falta por saber y de todo lo que se puede hacer. Sin ánimo de resultar pretenciosos exponiendo una lista de humildes proyectos de futuro que han ido perfilándose a medida que avanzábamos en esta investigación, incluimos en los siguientes párrafos los que consideramos más inmediatos.

La naturaleza de este trabajo ha hecho que hayamos contactado con multitud de empresas y organismos, relacionados, de una u otra forma, con la depuración y reutilización de aguas residuales, que en todo momento han mostrado su interés por los resultados obtenidos de dicha investigación y con quienes nos gustaría negociar la posibilidad de implantar el modelo propuesto en un proceso específico.

Concretamente, BALTEN nos ha propuesto realizar un estudio sobre el coste del agua de riego para los agricultores de la zona sur de la isla, de forma que podamos comparar, a nivel de costes, el uso de agua regenerada y agua desalada en la agricultura.

Además, existe posibilidad de realizar el mismo trabajo que se ha presentado en esta tesis doctoral en un sistema de depuración natural o de tecnología blanda, muy interesantes en aquellos municipios en los que debido a la orografía del terreno no se puede acceder a los procesos de tipo industrial.

Este proyecto, en principio liderado por el Instituto Tecnológico de Canarias, se sitúa dentro de la Iniciativa Comunitaria Interreg que tiene como objetivo fomentar un desarrollo armonioso y equilibrado del territorio europeo, así como su integración, a través de la cooperación y el desarrollo.

Por otro lado, hemos diseñado y desarrollado una aplicación informática que nos gustaría seguir perfeccionando con el ánimo de ofrecerla como herramienta de cálculo de costes y de gestión, no sólo a empresas de agua sino perteneciente a cualquier otro sector.

Por último, reconocemos que la propuesta de un sistema tarifario para la depuración de aguas residuales, que hemos hecho en el Capítulo 4, exige una segunda parte que aporte datos y estimaciones, sobre los cuatro aspectos analizados; la recuperación de costes, el ahorro de agua, la contaminación y el poder informativo.

En definitiva hemos construido una casa con lo imprescindible para poder vivir aunque nos faltan aún muchas cosas que colocar. Con el compromiso asumido con este trabajo de velar por lo que consideramos justo finalizamos esta tesis con la certeza de haber abierto una nueva vía de investigación, a la que hasta ahora no se le han dedicado demasiados esfuerzos desde el área de la Contabilidad de Coste y de Gestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGTHE, D.E. y BILLINGS, B.R. (1980): Dynamic models of Residential Water demand, en *Water Resources Research*, vol. 16, nº 3, pp. 476-480.
- AGUILERA KLINK, F. (1994): “Agua, Economía y Medio Ambiente: interdependencias físicas y necesidad de nuevos conceptos”, en *Revista de Estudios Agrosociales*, nº 167, pp. 113-130.
- AGUILERA KLINK, F. (1995): “El agua como activo ecosocial” en GONZÁLEZ ALCANTUD, J. A. Y MALPICA CUELLO, A. (coord.), *El Agua. Mitos, ritos y realidades*. Editorial El Hombre, Barcelona, pp. 359-375.
- AGUILERA KLINK, F. (1998): “Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales”, consultado el 21 de marzo de 2002 en <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n8/afagu1.html>.
- AGUILERA KLINK, F. (2000): “Valor, uso y precio del agua”, trabajo presentado en el *II Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*, celebrado en Oporto del 9 al 12 de noviembre de 2000.
- AGUILERA KLINK, F. (2002): “Vigencia y necesidad de la nueva economía del agua”, trabajo presentado en el *III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*, celebrado en Sevilla del 13 al 17 de noviembre de 2002.
- AGUILERA KLINK, F. (2003): “Gestión autoritaria versus gestión democrática del agua”, en *Archipiélago: Cuadernos de Crítica a la Cultura*, nº 57, pp. 34-42.
- AGUILERA KLINK, F., PÉREZ MORIANA, E. y SÁNCHEZ GARCÍA, J. (2003): “El agua en Tenerife: procesos sociales, valores e intereses”, trabajo presentado en el *III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del agua*, celebrado en Sevilla del 13 al 17 de noviembre de 2003.
- AGUILERA KLINK, F. y SÁNCHEZ PADRÓN, M. (2002): *Los mercados de agua en Tenerife*. Editorial Bakeaz, Bilbao.

- ALONSO MOLLAR, E. (2004): “Cuadro de mando integral: modelo orientativo para una pyme”, en *Harvard Deusto Finanzas y Contabilidad*, nº 54, pp. 54-63.
- ALVAREZ LÓPEZ, J. (1990): *Contabilidad Analítica de Explotación*. Editorial Donostiarra, S.A., San Sebastián.
- ALVAREZ-DARDET ESPEJO, C. (1993): *Análisis estratégico del coste: Estudio de un caso*. Editado por el Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas, Madrid.
- ALVAREZ GARCÍA, S., GARCÍA VALIÑAS, M. y SUÁREZ PANDIELLO, J. (2001): “Tarifas no uniformes: Servicio de suministro doméstico de agua”. Editado por el *Instituto de Estudios Fiscales*, nº8/03
- AMAT, O. y SOLDEVILLA, P. (1998): *Contabilidad y gestión de costes*. Editorial Gestión 2000, S.A. Barcelona.
- ANTÓN, D. (2000): “El valor del agua”, en *Ecología Política*, nº19, pp. 49-65.
- ANTÓN, D. y DÍAZ, C. (2002): *Sequía en un mundo de agua*. Ediciones Piri Guazú, México.
- APARISI CAUDELI, J.A. y RIPOLL FELIU, V.M. (2000): “El Cuadro de Mando Integral: Una herramienta para el control de gestión” en *Partida Doble*, nº 114, pp. 54-63.
- ARROJO AGUDO, P. (1999): “El valor económico del agua” en Revista *CIDOB d’Afers Internacionals*, nº 45-46, pp. 1-15.
- ARROJO AGUDO, P. (2004): *El agua en España. Propuesta de futuro*. AGUILERA KLINK, F. y ARROJO AGUDO, P. (coord.). Ediciones del oriente y del mediterráneo, Madrid.
- ARROJO AGUDO, P. y NAREDO, J.M. (1997): *La gestión del agua en España y California*. Editorial Bakeaz, Bilbao.

ASANO, T. (1998): “Wasterwater Reclamation an Reuse”, Technomic Publishing Company, Inc. USA.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ABATECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO y ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS GESTORAS DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUA A POBLACIONES (2002): Encuesta de Tarifas 2002, consultado el 2 de febrero de 2004 en http://hispagua.cedex.es/grupo4/Tarifas_2002.pdf.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA DE CUENTAS (AECA) (1999): “Normas de adaptación del Plan General de Contabilidad a las empresas del sector de abastecimiento y saneamiento de agua” en *Técnica Contable*, Monográfico, nº 606.

AYUSO MOYA, A. y RIPOLL FELIU, V. (2005): “El estudio de casos como prototipo de la investigación en Contabilidad de Gestión desde una perspectiva cualitativa” en *Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión*, vol.III, nº5, pp. 131-168.

AZCÁRATE LLANES, F., PÉREZ CHAMORRO, V. y ROVIRA VAL, M^a R. (2001): “Estudio de la publicación de información medioambiental en empresas del sector de abastecimiento y saneamiento de agua tras la adaptación sectorial del plan general contable”, trabajo presentado en el *XI Congreso de AECA*, celebrado en Madrid del 26 al 28 de septiembre de 2001.

AZQUETA, D. y FERREIRO, A. (eds.) (1994): *Análisis económico y gestión de recursos naturales*. Alianza Editorial, S.A., Madrid.

AZZOPARDI, E. (2001): “The Development and Management of Water Resources in Maltese Islands”, trabajo presentado en el *I Congreso Balears 2015*, celebrado del 1 al 2 de febrero en Palma (Islas Baleares).

- BAÍDEZ GONZÁLEZ, A y TEJADA PONCE, A. (1998): “Estudio empírico sobre la gestión e información publicada de carácter medioambiental por las empresas de Castilla-La Mancha” en *Actualidad Financiera*, monográfico 4º Trimestre, pp. 47-67.
- BAÍDEZ GONZÁLEZ, A., TEJADA PONCE, A y PÉREZ MOROTE, R. (2001): “El modelo de costes ABC/ABM: Un caso real”, en *Partida Doble*, nº 119, pp. 110-125.
- BAKER W. (1989): “Why Traditional Standard Cost Systems Are Not Effective In Today’s Manufacturing Enviroment?”, en *Industrial Management*, pp. 22-24.
- BALAIRÓN PÉREZ, L. (2002): *Gestión de los Recursos Hídricos*. Editado por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- BALTEN (2001): *Embalses de Tenerife*. Editado por BALTEN, Santa Cruz de Tenerife.
- BAREA TEJEIRO, J. (1992): “La producción de servicios de no mercado por las Administraciones Públicas: Introducción a la eficiencia” en *Economistas*, nº 52, pp. 354-356.
- BARKATULLAH, N. (2002): “OLS and Instrumental Variable Price Elasticity Estimates for Water in Mixed-Effect Models Under a Multipart Tariff Structure”, en *London Economics*, consultado el 15 de abril de 2004 en <http://www.londecon.co.uk/Publications/DEMD1.pdf>.
- BARKIN, D. (coord.) (2001): *Innovaciones mexicanas en el manejo del agua*. Editado por el Centro de Ecología y Desarrollo, México, D.F.
- BASTIDAS, E. y FELIU, V. (2003): “Una aproximación a las implicaciones del Cuadro de Mando Integral en las Organizaciones del Sector Público”, *Compendium*, Diciembre, consultado el 5 de mayo de 2005 en <http://www.ucla.edu.ve/dac/compendium/Revista11/04-Eunice-3.pdf>.

- BAXTER, WT y OXENFELDT, AR (1961): "Costing and pricing: the cost accountant versus the economist", en *Business Horizons*, vol 4, invierno, pp.77-90.
- BLANCO DOPICO, M. I. (1994): *Contabilidad de Costes. Análisis y Control*. Editorial Pirámide, Madrid.
- BLANCO IBARRA, F. (1990): *Contabilidad de Costes para la toma de decisiones en el marco de la contabilidad de gestión*. Editorial Deusto, Bilbao.
- BOLAND, J.J. y WHITTINGTON, D., (2000): "The political economy of water tariff design in developing countries: increasing block tariffs versus uniform price with rebate". In: *Dinar, A.*, pp. 215-235.
- BONACHE, J. (1998): *Los estudios de casos como estrategia de investigación: Características, críticas y defensas*. Documento de trabajo, Universidad Carlos III, Madrid.
- BRENNER, A., SHANDALOW, S., MESSALEM, R. YAKIREVICH, A., ORON, G. y REBHUN, M. (2000): "Wastewater Reclamation for Agricultural Reuse in Israel: Trends and Experimental Results, en *Water, Air and Soil Pollution*, n° 123, pp. 167-182.
- BRIMSON, J.A. (1991): *Activity Accounting: an Activity-based-costing Approach*, John Wiley & Sons, Nueva York
- BROTO RUBIO, J. y COSTA CARVALHO, J. B. (1995): "Reflexiones sobre el diseño de los sistemas de costes para la gestión. Hacia la elaboración de guías operativas", trabajo presentado en el *IV Congreso Internacional de Custos* celebrado en la Universidades Estadual de Campihas del 16 al 20 de octubre de 1995.
- BRUZZONE, E.M. (2004): "El agua potable: Nuevo Recurso Estratégico del Siglo XXI", consultado el 14 de mayo de 2005 en www.ecoportal.net/temas/agua.htm.

- BUENDÍA CARRILLO, D. (1996): *Un modelo de coste para los servicios municipales de gestión directa*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- BUENDÍA CARRILLO, D. (2000): “La determinación del coste de los servicios públicos como base para la fijación de tasas y precios públicos”, trabajo presentado en el *IX Encuentro de Profesores Universitarios de Contabilidad*, celebrado en Las Palmas de Gran Canaria, Tomo 1, pp. 445-460.
- BÚRDALO, S. (2000): “Gastar menos, gastar mejor”, consultado el 19 de agosto de 2002 en <http://hispaqua.cedex.es/Grupo1/Revistas/revminis/488.pdf>.
- CABALLER, V. y GUADALAJARA, N. (1998): *Valoración económica del agua de riego*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- CABRERA ROCHERA, E., BALMASEDA JORDÁ, C. y PÉREZ GARCÍA, R. (1998): Indicadores de Gestión. Un mecanismo para el control de abastecimientos, trabajo presentado en el *I Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*, celebrado en Zaragoza, del 14 al 18 de septiembre de 1998.
- CALAFELL CASTELLÓ, A. (1967): “Sistemas de cálculo y control de costes”, en *Técnica Contable*, nº19, pp. 241-250.
- CARIDAD OCERÍN, J.M. y MORENO CAMPOS, I. (2002): “La información contable de las empresas suministradoras de agua”, en *Partida Doble*, nº132, pp. 16-27.
- CASTELLÓ TATLIANI, E. y LIZCANO ÁLVAREZ, J. (1998): *El Sistema de Costes basado en las Actividades*. Editado por la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas (AECA), Principios de Contabilidad de Gestión, documento nº 18.
- CASTILLO LÓPEZ, J.M. y CARMONA LÓPEZ, J. (1998): *Tributos ecológicos para Andalucía. Marco económico e institucional para el establecimiento de tributos ecológicos en la Comunidad Autónoma de Andalucía*. Editorial Comares, Granada

CERCOS PEREZ, R. (1993): “Sistemas de depuración”, en *El Agua en España*. VIII Jornadas Parlamentarias, editado por el Grupo Parlamentario Socialista, Madrid.

COASE, R.H. (1994): “El problema del coste social”, en AGUILERA KLINK, F. Y ALCÁNTARA, V. (coord.), *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Editado por Icaria y Fuhem, Barcelona.

CURRY JR., J.C. (1997): “Is your product costing as good as you think?”, en *Textile World*, vol.147, Issue 9, pp. 100-104.

DECRETO 174/1994 de la Comunidad Autónoma de Canarias, de 29 de julio (BOC de 24 de agosto de 1994) por el que se aprueba el Reglamento de control de vertidos para la protección del dominio público hidráulico.

DIRECTIVA COMUNITARIA 76/464/CEE, del Consejo, de 4 de mayo de 1976 (DOCE nº 129), relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas al medio acuático de la comunidad.

DIRECTIVA COMUNITARIA 91/271/CEE, del Consejo, de 21 de mayo de 1991 (DOCE nº 135), sobre el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas.

DIRECTIVA COMUNITARIA 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Octubre de 2000 (DOCE nº 327), por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

DRURY, C. (2004): *Management and cost accounting*. Editado por Thonsom Learning, London.

ESTEVEAN, A. (2000): “Planes integrales de gestión de la demanda de agua”, en ESTEVEAN, A. Y COMUÑAS, V. (coord.), *La eficiencia del agua en las ciudades*. Editado por Bakeaz y Fundación Ecología y Desarrollo, Bilbao.

ESTEVEAN, A. y NAREDO, J.M. (2004): *Ideas y propuestas para una nueva política del agua en España*. Editado por Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao.

- FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, C.A. y MIÑAMBRES PUIG, P. (2001): “Indicadores financieros y no financieros para la gestión de la calidad en las empresas de abastecimiento y saneamiento de agua”, en *Actualidad Financiera*, número monográfico 3/01, pp. 85–104.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, D.V. (1998): “La equidad, requisito de calidad en un servicio de agua urbana, trabajo presentado en el *I Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*, celebrado en Zaragoza del 14 al 18 de septiembre.
- FERNÁNDEZ TERRICABRAS, A. (2002): Claves para la implantación del cuadro de mando integral, en *Harvard Deusto Finanzas & Contabilidad*, nº46, pp. 10-17.
- GARCÍA GARCÍA, M. (1984): *Economía de la producción y contabilidad de costes*. Editado por el Instituto de Planificación Contable, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- GARCÍA VALIÑAS, M^aA. (2000): “Tarifas no uniformes: Servicio municipal de suministro residencial de agua”, trabajo presentado en el *II Congreso Ibérico sobre Planamente e Gestão de Agua*, celebrado en Oporto del 9 al 12 de diciembre de 2000.
- GARRIDO GÓMEZ, A. (2002): “Coste y valoración de productos”, en *Partida Doble*, nº 138, pp. 34-57.
- GOMEZ RAMOS, A. y GARRIDO COLMENERO, A. (1998): “El análisis de la demanda de agua para usos urbanos: El estado de la cuestión y las áreas por explorar”, trabajo presentado en el *I Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión del agua*, celebrado en Zaragoza del 14 al 18 de septiembre de 1998.
- GONZÁLEZ-ÚBEDA RICO, J. y AMAT SALAS, J. (2002): “Indicadores para la gestión empresarial”, en *Contabilidad de Gestión*, nº 17. Editado por AECA, Madrid.

- GROBICKI, A y COHEN, B. (1999): “A flow balance approach to scenarios for water reclamation”. *Water SA*, volumen 25, nº4, octubre 1999, pp. 476-482, en <http://www.wrc.org.za>
- HERAS MORENO, G. (2000): “Particularidades económicas del agua en España”, trabajo presentado en la *6º Conferencia Internacional del Seminario Permanente Ciencia y Tecnología del agua*, celebrado en Valencia del 22 de noviembre al 1 de diciembre de 2000
- HERNÁNDEZ SUÁREZ, M. (2000): “*Desalinización en las Islas Canarias, una visión actualizada*”, trabajo presentado en el *I Congreso Nacional de AEDyR*, celebrado en Murcia del 28 al 29 de noviembre de 2000.
- HICKS, D. (1996): *El sistema de costes basado en las actividades (ABC). Guía para su implantación en pequeñas y medianas empresas*. Editorial Marcombo, S.A., Barcelona.
- IGLESIAS SÁNCHEZ, J.L. (1994): “Contabilidad de Costes versus Contabilidad de Gestión” en LIZCANO ÁLVAREZ, J. (coord.), *Elementos de Contabilidad de Gestión*. Monografías de AECA, Madrid.
- INSTITUTO DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA DE CUENTAS, Resolución de 9 de mayo de 2000 por la que se establecen los criterios para la determinación del coste de producción.
- JACOBS, M. (1997): *La economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*. Editado por Icaria, Barcelona
- KAPLAN, R. (1983): “La medida del rendimiento de la producción: un nuevo reto para la investigación en Contabilidad de Gestión”, en *Cambio Tecnológico y contabilidad de gestión*, Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- KAPLAN, R. y COOPER, R. (1999): *Coste y Efecto. Como usar el ABC, el ABM y el ABB para mejorar la gestión, los procesos y la rentabilidad*. Editorial Gestión 2000, Barcelona.

- KAPLAN, R. y NORTON, D. (1996): *The Balanced Scorecard: Translating strategy into action*. Ediciones Gestión 2000, S.A., Barcelona.
- KAPLAN R. y NORTON, D. (2001): “El cuadro de mando integral: algo más que números” en *Harvard Business Review*, nº 100, pp. 190-198
- KEYS, D. y LEFEVRE, R. (1995): “Departmental activity based management”, en *Management Accounting*, enero, pp. 27- 30.
- LATORRE, M. (2004): “Costes económicos y medioambientales de la desalación de agua de mar”, trabajo presentado en el *IV Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua* celebrado en Tortosa del 8 al 12 de diciembre de 2004.
- LEY 7/1985, de 2 de abril (BOE de 3 de abril de 1985), Reguladora de las Bases del Régimen Local.
- LEY 29/1985, de 2 de agosto (BOE de 8 de agosto de 1985), de Aguas.
- LEY 22/1988, de 28 de julio (BOE de 29 de junio de 1988), de Costas.
- LEY 39/1988, de 28 de diciembre (BOE de 30 de diciembre de 1988), Reguladora de las Haciendas Locales.
- LEY 8/1989, de 13 de abril (BOE de 15 de abril de 1989), de Tasas y Precios Públicos.
- LEY 10/1995, de 23 de noviembre (BOE de 24 de noviembre de 1995) del Código Penal.
- LEY 13/1996, de 30 de diciembre (BOE de 31 de diciembre de 1996), de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social.
- LEY 51/2002, de 27 de diciembre (BOE de 28 de diciembre de 2002), de reforma de la Ley 39/1988, de 28 de diciembre, Reguladora de las Haciendas Locales.

- LIU, J., SAVENIJE, H. y XU, J. (2003): "Water as an economic good and water tariff design" en *Physics and Chemistry of the Earth*, parts A/B/C, vol. 28, issues 4-5, pp. 209-217.
- LÓPEZ CRUCES, F. y LÓPEZ GODOY, M. (2001): El grafocoste: ¿un gráfico del proceso productivo?, en *Partida Doble*, nº 125, pp. 18- 33.
- LOPEZ VIÑEGLA, A. (2003): *Gestión estratégica y medición. El Cuadro de Mando como complemento del Balanced Scorecard*, AECA, Madrid.
- LUCAS, M. (2000): "The reality of product costing" en *Management Accounting*, UK, febrero, pp. 28-31.
- LUIS, C. (2003): "Aguas de Abastecimiento en Canarias". Documento Fundación Centro Canario del Agua, consultado el 15 de enero de 2003 en <http://www.fcca.es/Docs/aguasabastocan.pdf>.
- MACHADO CABEZAS, A. (2004): "Algunas puntualizaciones metodológicas respecto a la asignación de costes en el sistema ABC", en *Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión*, vol. II, nº1, Enero-Junio 2004, pp. 13-36.
- MACÍAS HERNÁNDEZ, A. (1990): "Aproximación al proceso de privatización del agua en Canarias, c. 1500-1879" en *Agua y Modo de Producción* de PÉREZ PICAZO y LEMEUNIER, eds. Editorial Crítica, Barcelona.
- MALLES FERNÁNDEZ, E. (2000): "La Resolución 9-5-2000 del ICAC y sus efectos en la Contabilidad de Costes", en *Técnica Contable*, pp. 801-818.
- MALLO RODRIGUEZ, C. (1997): *Contabilidad de costes*. Ediciones Pirámide, Madrid.
- MALLO RODRÍGUEZ, C. y JIMÉNEZ MONTAÑÉS, M.A. (1996): *La Contabilidad de costes*. Ediciones Pirámide, Madrid.
- MALLO RODRIGUEZ, C. y MERLO BATALLER, J. (1995): *Control de Gestión y Control Presupuestario*. Editado por McGraw-Hill, Madrid.

- MALLO, C. KAPLAN, R. MELJEM, S. y GIMÉNEZ, C. (2000): *Contabilidad de Costos y Estratégica de Gestión*. Editado por Prentice Hall, Madrid.
- MARCOS SANZ, F. (1999): “La gestión de las aguas residuales en los municipios pequeños de la provincia de Castellón”, trabajo presentado en las *II Conferencias sobre el Medio Ambiente. Turismo y Medio Ambiente*, celebradas en Castellón del 8 al 12 de noviembre de 1999.
- MARIENHOFF, M. (1983): *Tratado de Derecho Administrativo*, Tomo III. Editorial Abeledo Perrot, Buenos Aires.
- MARIN HERNÁNDEZ, S. y ROJAS TERCERO, J.A. (2003): “Diseño y análisis de un modelo de contabilidad de costes”, en *Partida Doble*, nº 144, pp. 76-89.
- MARTEL, G., VERA, L, PIERNAVIEJA, G., SÁNCHEZ, R., CABALLERO, C., BÁEZ, J. y BERRIEL, A.: (2005): “Aplicación de tecnologías de ahorro de agua en edificios públicos y estudio de sistemas tarifarios para promover el uso eficiente del agua y la recuperación de costes en los abastecimientos urbanos de Canarias, Madeira y Azores”, en *Técnicas y métodos para la gestión sostenible del agua en la Macaronesia*, editado por el Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. y Cabildo de Lanzarote, Consejo Insular de Aguas de Lanzarote, Tenerife.
- MARTÍNEZ GIL, F.J. (1997): *La nueva cultura del agua en España*. Editado por Bakeaz, Bilbao
- MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. (2003): “Estimating Water Demand under Increasing Block Tariffs Using Aggregate Data and Proportions of Users per Block” en *Environmental and Resource Economics*, 26 (1), pp. 5-23.
- MAS, J. y RAMIÓ, C. (1992): *Técnicas de auditoría operativa aplicada a la administración pública*. Editado por la Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- MISHRA B. y VAYSMAN I. (2001): “Cost-System Choice and Incentives-Traditional vs. Activity-Based Costing”, en *Journal of Accounting Research*, vol. 39, nº3, pp. 619-641.

- MOORE C., OLSON, K. y MARIÑO M. (1990): “Aspectos económicos del agua de riego con agua residual regenerada”, en *Riego con agua residual municipal regenerada*. Manual práctico. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- MORAL, L. (2001): “Hacia una gestión sostenible de los Recursos Hídricos en los países mediterráneos” trabajo presentado en el *I Congreso Balears 2015*, celebrado el 1 y 2 de febrero en Palma (Islas Baleares).
- MORENO CAMPOS, I. y CARIDAD OCERÍN, J.M^a (2002): “La insuficiencia de la información a usuarios sobre precios del agua en el suministro urbano”, en *Actas del III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*, Sevilla, pp. 282-287.
- MORENO CAMPOS, I. y RICO IGLESIAS, J.M. (2002): “Hacia una mayor transparencia de la información sobre el servicio de abastecimiento de agua”, trabajo presentado en el *X Encuentro de Profesores Universitarios de Contabilidad* (ASEPUC), celebrado en Santiago de Compostela del 30 de mayo al 1 de junio de 2002.
- MUJERIEGO, R. (1990): *Manual Práctico de riego con agua residual municipal regenerada*. Editorial Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- MUÑIZ, L. (2004): La esencia del cuadro de mando, en *Harvard Deusto Finanzas & Contabilidad*, n^o 62, pp. 4-14.
- NADAL REIMAT, E, (1993): Introducción al análisis de la planificación hidrológica. Series monográficas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Obras Hidráulicas, Madrid.
- NAREDO PÉREZ, J.M. (1997): “Enfoques económicos y ecológicos en la encrucijada actual de la gestión del agua en España”, en *La gestión del agua en España y California* de ARROJO AGUDO, P Y NAREDO PÉREZ, J.M., editado por Bakeaz, Bilbao, pp. 153-185.

- NAREDO PÉREZ, J.M. (2003): “La encrucijada de la gestión del agua en España”, en *Archipiélago: Cuadernos de Crítica de la Cultura*, nº 57, pp. 17-33.
- NORDIN, J.A. (1976): “A proposed modification of Taylor’s demand análisis: comment”, en *Bell Journal of Economics*, 7, pp. 719-721.
- O’RIORDAN T. Y JORDAN, T. (1995): “El principio de precaución en la política ambiental contemporánea”, en *Environmental Values*, vol. 4, nº3, pp. 191-212.
- OCDE (1987): *Pricing of Water Services*. París.
- OCDE (1999): *Household Water Pricing in OCDE Countries*. Environment Policy Committee. París.
- OLDMAN A., MILLS, R. y BELLIS-JONES, R.: “Tendencias en la práctica de gestión de costes”, en *Harvard-Deusto. Finanzas y Contabilidad*, nº 42, pp. 46-47.
- ORDEN de 24 de septiembre de 1992 (BOE de 16 de octubre de 1992), por la que se aprueban las instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para la elaboración de los Planes Hidrológicos de Cuencas Intercomunitarias.
- ORGANIZACIÓN DE CONSUMIDORES Y USUARIOS (OCU) (1997): “El agua del grifo”, en *Compra Maestra*, nº 198, Madrid.
- ORTEGA, J.A. (2002): “Normativa contable del costes de producción”, en *Partida Doble*, nº 138, pp. 58-61.
- OSTOS PEREZ, N. y RICO IGLESIAS, J.M. (1998): “La gestión de los servicios públicos de abastecimiento y saneamiento de agua en España: análisis del sector”, trabajo presentado en el *VIII Encuentro de ASEPUC*, celebrado en Alicante del 21 al 23 de mayo.
- PEDERSEN, H.W., (1958): *Los costes y la política de precios*. Editorial Aguilar, Madrid.

- PERDIGÓ (1998): “La descentralización municipal” en *Manual de Gestión Municipal Democrática*. Editado por el Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- PÉREZ ALEMÁN, J., DÉNIZ MAYOR, J.J. y BONA SÁNCHEZ, C. (2005): “Diferencias entre gastos y costes ambientales: Su incidencia en las empresas de agua” en *Partida Doble*, nº 164, pp. 70-79.
- PEREZ PARRA, J.J. (1998): “Depuración y reutilización de aguas residuales”, trabajo presentado en el *Encuentro Medioambiental Almeriense: En busca de soluciones*, celebrado en Almería del 7 al 8 de marzo de 1998.
- PEREZ PARRA, J.J. y VALLVERDÚ ARBÓS, A. (1997): “Reutilización de las aguas residuales de la ciudad de Almería en los regadíos del Bajo Andarax” en *Actas del I y II Seminario del Agua*, nº 24. Editado por el Instituto de Estudios Almerienses de la Diputación de Almería.
- PEREZ PEREZ, E. (1998): *La propiedad del agua. Sistema Estatal y Sistema Canario*. Casa Editorial, S.A., Barcelona.
- PEREZ ZABALETA, A. (2000): “Las Sociedades de Agua en España: Un nuevo instrumento para la construcción de obras públicas” trabajo presentado en el *II Congreso Ibérico sobre Planeamiento e Gestao de Agua*, celebrado en Oporto del 9 al 12 de noviembre de 2000.
- PIGOU, A. (1932): *The Economics of Welfare*. Editado por MacMillan, London.
- PLAN GENERAL DE CONTABILIDAD ADAPTADO A LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO DE AGUA aprobado por Orden Ministerial del 10 de diciembre de 1998.
- PLAN HIDROLÓGICO INSULAR DE TENERIFE (1995): Cabildo Insular de Tenerife y Gobierno Autónomo de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.

- PODMOGUILNYE, M. (2005): “La evolución del Costeo por actividades hacia el Costeo híbrido de los procesos”, en *Revista Iberoamericana de Contabilidad y Gestión*, vol III, nº5, pp. 73-93.
- REAL DECRETO 1310/1990, de 29 de octubre (BOE del 1 de noviembre de 1990), por el que se regula la Utilización de los Lodos de Depuración en el Sector Agrario.
- REAL DECRETO 1643/1990, de 20 de diciembre (BOE de 27 de diciembre de 1990), por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad.
- REAL DECRETO LEY 11/1995, de 28 de diciembre (BOE de 30 de diciembre de 1995), por el que se establecen las Normas Aplicables al Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas.
- REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo (BOE de 29 de marzo de 1996), de desarrollo del REAL DECRETO LEY 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO 2/2000, de 16 de junio (BOE de 21 de junio de 2000), por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- REES, J.A. (1982) *An Economic Approach to Waste Control: A second Look; actas de simposio An Understanding of Water Losses*, IWES, Londres.
- RENZETTI, S. (1999): Municipal water supply and sewage treatment: costs, prices and distortions, en *Canadian Journal of Economics*, vol 32, nº 3, pp.688 – 704.
- REQUENA, J.M. (1993): “La estadística de coste como instrumento de análisis y control en la Contabilidad de Gestión”, en SÁEZ TORRECILLA, A. (coord.), *Cuestiones actuales de Contabilidad de Costes*. Editado por McGraw Hill, Madrid, pp. 27-50.

RESOLUCIÓN DE LA SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA, de 28 de abril de 1995 (BOE del 12 de mayo de 1995), por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales.

RESOLUCIÓN DEL INSTITUTO DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA DE CUENTAS, del 9 de mayo de 2000 (BOE de 13 de junio de 2000), por la que se establecen criterios para la determinación del coste de producción.

RESOLUCIÓN DEL INSTITUTO DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA DE CUENTAS, del 25 de marzo de 2002 (BOE de 5 de abril de 2002), por la que se aprueban normas para el reconocimiento, valoración e información de los aspectos medioambientales en las cuentas anuales.

RIAHI-BELKAOUI, A. (1992): *The New Foundations of Management Accounting*. Quorums Books. New York.

RIBAYA MALLADA, F.J. (1999): *Costes*. Ediciones Encuentro, Madrid.

RICO AMORÓS, A.M., PAÑOS CALLADO, V., OLCINA CANTOS, J. y BAÑOS CASTIÑEIRA, C. (1998): Depuración, desalación y reutilización de aguas en España. Editado por Oikos-Tau, S.L., Barcelona.

RIPOLL, F. y TAMARIT, C. (2003): “Una revisión de la literatura internacional sobre el sistema ABC/ABM: Aspectos teóricos y empresariales”, en *Revista Iberoamericana de Contabilidad y Gestión*, vol. I, nº 1, pp. 39-51.

RODRIGUEZ GONZÁLEZ, R. (2003): El diseño del cuadro de mando integral en empresas agrarias, en *Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión*, vol. I, nº 1, enero-junio 2003, pp.155-180.

ROSANAS MARTÍ, J.M. (1999): *Contabilidad de Costes para la Toma de Decisiones*. Editorial Desclée de Brouwer, S.A., Bilbao.

- RUIZ GARCÍA, J.M. (1993): “La situación de los recursos hídricos en España”. Apéndice incluido en BROWN, L. *et al.*, *La Situación del Mundo en 1993*, Informe del Worldwatch Institute Madrid CIPS. Editorial Apéndice, 385 - 445
- RUIZ, I., GONZÁLEZ, I. y FUENTES, L. (2003): “Sludge as a power source and its treatment in cost accounting”, trabajo presentado en la *II Conferencia Internacional sobre Uso y Gestión eficiente del agua en los abastecimientos urbanos*, celebrada en Tenerife del 2 al 3 de abril de 2003.
- RUIZ, I. y MARTÍN-PINILLOS, I. (2002): “Normativa sobre la información medioambiental a incluir en las cuentas anuales de las empresas españolas: Resolución del ICAC”, en *Anales de la Facultad de Derecho 2002*. Editado por la Facultad de Derecho de la Universidad de La Laguna, pp. 245-242.
- SÁENZ DE MIERA CÁRDENAS, G. (2000): El sistema tarifario como elemento de gestión de los servicios urbanos de agua, consultado el 15 de julio de 2002 en <http://hispaqua.cedex.es/Grupo1/Documentos/gestionecosis.html>.
- SÁNCHEZ TOLEDANO, D., MORALES BAÑOS, A. y PÉREZ MARTÍNEZ, A. (2000): “Reflexiones en torno al cálculo de los costes del servicio como elemento determinante en el proceso de fijación de tarifas en el sector de abastecimiento y saneamiento de agua”, trabajo presentado en el *IX Encuentro de Profesores Universitarios de Contabilidad*, celebrado en Las Palmas de Gran Canaria, del 24 al 26 de mayo de 2000.
- SANDRETTO, M. (1985): “What kind of cost system do you need?”, en *Harvard Business Review*, January-february, pp. 110-118.
- SANTOS CEBRIÁN, M. y FIDALGO CERVIÑO, EÑ (2005): “El balanced scorecard o Cuadro de Mando Integral y el Cuadro de Mando Tradicional: principales diferencias” en *Técnica Contable*, nº 673, pp. 13-17.
- SCAPENS, R.W. (1990): “Researching management accounting practice: the role of case study methods”, en *British Accounting Review*, nº 22, pp. 259-281

- SCHNEIDER, E. (1972): *Contabilidad Industrial*. Ediciones Aguilar, Madrid.
- SEGUÍ AMÓRTEGUI, A. (2004): *Sistemas de Regeneración y Reutilización del Aguas Residuales. Metodología para el Análisis Técnico-Económico y Casos*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- SERRÁ SALVADOR, V. y VILAR SANCHÍS, J.E. (1993): “Contabilidad de Costes Parciales. Modelos de Direct Cost”, en SÁEZ TORRECILLA, A. (coord.), *Cuestiones actuales de Contabilidad de Costes*. Editado por M^aGraw-Hill, Madrid, pp. 171-193.
- SHAMIR, U. (2001): “Management of water resources in Israel”, trabajo presentado en el *I Congreso Balears 2015*, celebrado en Palma (Islas Baleares) del 1 al 2 de febrero de 2001.
- SHUVAL, H.I. (1974): “Desinfection of wastewater for agricultural utilization” en *7th International Conference of Water Pollution Research*, FAO.
- SHUVAL, H.I. (1988): “Reutilización directa e indirecta de aguas residuales para usos municipales”, en *El agua*. Editorial Blume, S.A., Barcelona.
- SISTU, G. (2001): “El recurso invisible: la política del agua en Cerdeña”, trabajo presentado en el *I Congreso Balears 2015*, celebrado en Palma (Islas Baleares) del 1 al 2 de febrero de 2001.
- SOCRATOUS, G. (2001): “Management of water in Cyprus”, trabajo presentado en el *I Congreso Balears 2015*, celebrado en Palma (Islas Baleares) del 1 al 2 de febrero de 2001.
- SOLER LICERAS, C. y HERNÁNDEZ ANDRÉU, M. (2001): “Historia del agua”, en *Revista de Obras Públicas*, 2001 Noviembre, año 148.
- SUMPSI VIÑAS, J.M. (1998): “Efectos de las políticas tarifarias sobre la demanda de agua, renta agraria y recuperación de costes de la agricultura de regadío en España” trabajo presentado en el *I Congreso Ibérico sobre Gestión y*

- Planificación del Agua*, celebrado en Zaragoza del 14-18 de septiembre de 1998.
- TABARRA GONZÁLEZ, M.A. (2002): “Gestión del recurso natural agua bajo información asimétrica”, en *VIII Encontro de novos investigadores de análise economica*, celebrado en A Coruña del 10 al 12 de julio.
- TELLO, E. (1998): “La Guerra del Agua en Barcelona: Alternativas económico-ecológicas para un desafío socioambiental” en *I Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión del Agua*, celebrado en Zaragoza de 14 al 18 de septiembre de 1998.
- TOMÁS I TORRENS, E. (1993): “El coste del agua” en *El agua en España*, VIII Jornadas Parlamentarias, Grupo Parlamentario Socialista, Madrid.
- VALIENTE BLANCO, M. (1996): Problemas en el diseño e implantación de un sistema de costes” en *Aplicaciones Prácticas de Cálculo de Costes y Control de Gestión*, IV Jornada de trabajo sobre Contabilidad de Costes y de Gestión, ASEPUC, Centro de Estudios Financieros.
- VALLEJO RODRÍGUEZ, R. (1993): “Costes de la gestión y tarifa pública del agua” en *El Agua en España*, VIII Jornadas Parlamentarias. Editado por Grupo Parlamentario Socialista, Madrid.
- VELÁZQUEZ ALONSO, E. (2005): Water trade in Andalucía. Virtual Water: An alternative way to manage water demand en European Union – Regional Economics Applications Laboratory en Discussion Papers, consultado en <http://eco.unex.es/eureal> el 5 de septiembre de 2005.
- VILAR SÁNCHEZ, J.E. (1993): “El coste de producción: cambios en su significado y en sus usos” en *Técnica Contable*, nº 532, pp. 241-258.
- VIÑUALES EDO, V. (2004): “La eficiencia en el uso del agua en la ciudad: algunas enseñanzas de las ciudades ahorradoras”, trabajo presentado en el *IV Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*, celebrado en Tortosa del 8 al 12 de diciembre de 2004.

- WOO (1994): Managing water supply shortage. Interruption vs. Pricing, en *Journal of Public Economics*, 54, pp. 145-160.
- YARDIN, A (1994): "La capacidad ociosa y el coste variable" en LIZCANO ÁLVAREZ, J. (coord.), *Elementos de Contabilidad de Gestión*, monografías de AECA, pp.193-211, Madrid
- YARDIN, A. (1992): "Réquiem para el coste de plena absorción", en *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, vol. XXI, nº 72. pp. 675-709.
- YIN, R.K., "Case study research: design and methods", en *Applied Social Research Methods Series*, vol.5, Sage Publications, Newbury Park London New Delhi.