

---

## Capítulo V. Evaluación económica del SHC

### 5.1. Parámetros técnico-económicos generales

En un principio la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE contempla la posibilidad de recuperar las inversión y los costes de explotación y mantenimiento de los sistemas de servicios de agua. Contemplando el último de sus cuatro principios básicos ha tener en cuenta en los planes y programas de gestión de los espacios acuáticos, se define de la siguiente forma: Principio de total recuperación de costes en la gestión de recursos y espacios acuáticos.

El trabajo a realizar por el programa de implantación de la Directiva Marco Política del Agua (DMPA), se lleva a cabo mediante unos plazos de cumplimiento, uno de los cuales y más importantes para la realización de este trabajo, es el que se espera será implantado cerca del 2010 que detalla la operatividad y la total recuperación de costes en la gestión de recursos y espacios acuáticos.

La Directiva Marco del Agua 2000/60/CE detalla en el siguiente apartado; Análisis económico y estudio de la incidencia y recuperación de los costes, lo siguiente: El análisis económico tiene que permitir conocer la base mediante la cual se sustentará la progresiva implementación de la DMPA, garantizando un sostenimiento económico y unas exigencias ambientales en los usos, ocupaciones del agua y del espacio hídrico, y en general de todas aquellas actividades que repercutan en el mantenimiento de los objetivos de calidad establecidos por la DMPA.

Por lo tanto no resulta extraño nombrar el término amortización. Sin embargo actualmente ningún sistema esta considerando las amortizaciones correspondientes en su precio mínimo de venta del agua. De esta forma podemos decir que por ahora únicamente se limita a vender el agua sin fin lucrativo o la obtención de la inversión inicial.

## 5.2. Parámetros técnico-económicos

El proyecto de diseño del humedal se realizó en Junio de 2001, la finalización y la puesta en marcha del mismo fue en Marzo de 2003. Con lo que considerando estas fechas, el valor del índice de actualización (i) que debe usarse para calcular el Valor Actual Neto (VAN) es del 6,2 % según fuentes suministradas por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Todo beneficio empresarial está incluido en el VAN, una definición de  $VAN = 0$ , implica que se obtendrán los beneficios esperados y suficientes para poder compensar los costes establecidos (incluyendo nóminas y el beneficio esperado por la empresa). Sin embargo cuando se obtiene un  $VAN > 0$  implica que dicho proyecto podría unos beneficios mayores, mientras que para un  $VAN < 0$  el proyecto no gana todo el capital esperado, sino que gana menos de lo que se esperaba en un principio, esto no quiere decir que sea un mal proyecto o que no sea rentable, únicamente significa que no se obtendrá la rentabilidad deseada en el proyecto de estudio.

Para poder analizar el precio mínimo de venta del agua, la evaluación más lógica en un proyecto de estas características es la de  $VAN = 0$  ya que un SHC no pretende ser una entidad de lucro, el único fin del proyecto será el de recuperar la inversión inicial y los gastos de mantenimiento del proyecto, así como otros costes que puedan ir relacionados a la explotación del mismo.

Dicho SHC pertenece al Ayuntamiento de Granollers, sin embargo en este estudio calcularemos el precio de la regeneración del agua mediante el esquema detallado en la Figura 5.1, en el cual vienen detallados todos los valores que conlleva el proceso de regeneración del agua en el humedal.

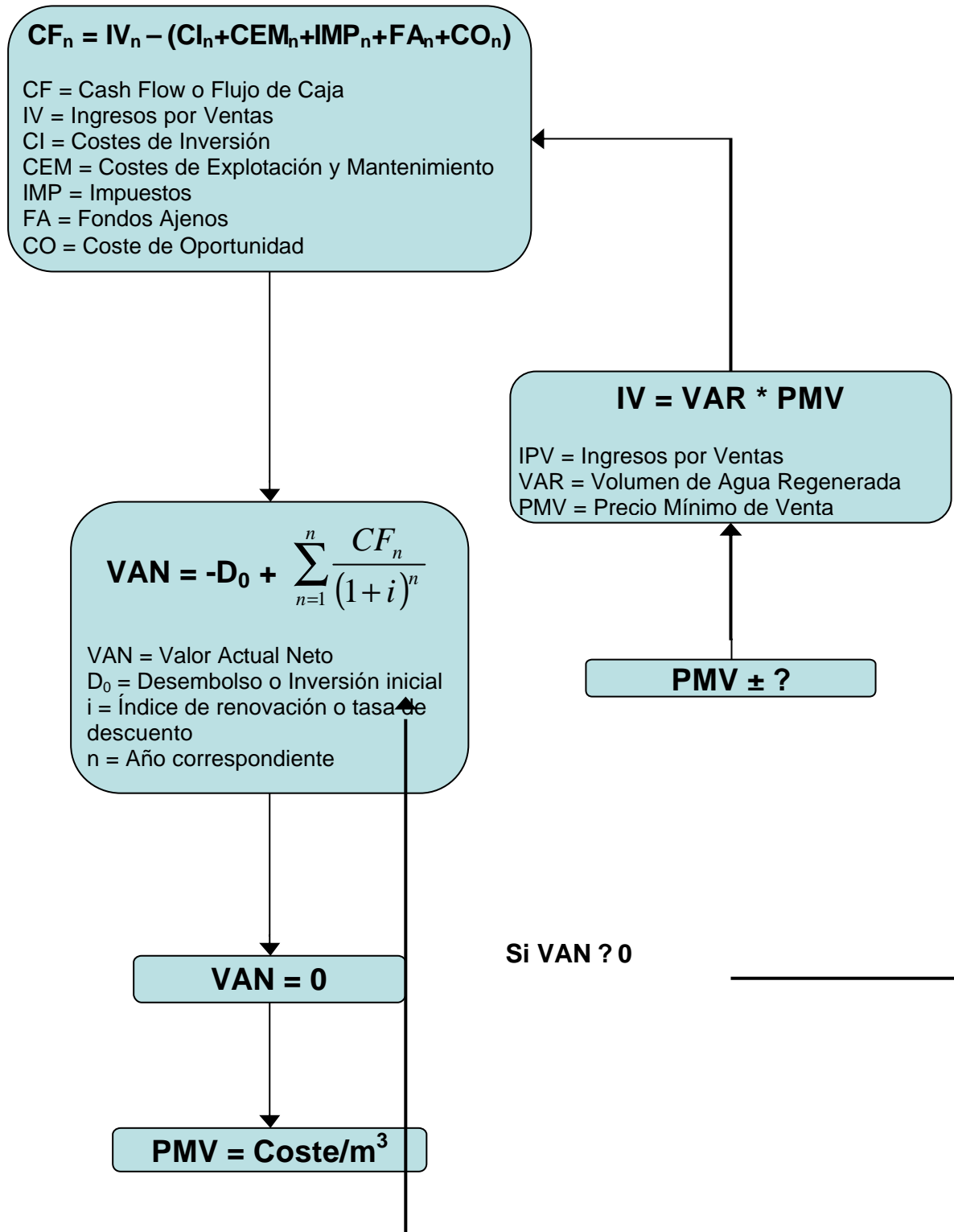


Figura 5.1: Esquema modificado para obtener el Precio Mínimo de Venta (PMV) del agua regenerada por el humedal. (Seguí, Luis. Sistemas de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales. Tesis Doctoral, Marzo de 2004 <Modificado>)

### 5.2.1. Costes de Desembolso inicial (D<sub>0</sub>) y Costes de Inversión (CI)

Antes de comenzar a detallar gastos, costes e impuestos sería conveniente expresar como se debe realizar un proyecto de obra. El Presupuesto de Ejecución Material (PEM), es el coste de la obra incluyendo los costes puedan suponer materiales, maquinaria y mano de obra (subcontratistas), entre otros, para poder llevar a cabo la construcción del proyecto. En la Tabla 5.1, podemos observar la evolución del PEM así como los distintos costes adicionales que se imponen en todo proyecto de obra.

Tabla 5.1: Evolución de los diferentes costes del proyecto de obra

---

#### Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

+ Gastos Generales (13% del PEM)

+ Beneficio Industrial (6% del PEM)

#### Presupuesto Antes de Impuestos

+ I.V.A. (16% del Presupuesto Antes de Impuestos)

#### Presupuesto para conocimiento de la Administración

---

Una vez finalizada la construcción del humedal en el año 2002 cuyo coste ascendió a 51.000 euros (impuestos indirectos no incluidos). Se procedió a realizar la correspondiente plantación de la vegetación del humedal, para la cual no sólo se sembró una única especie, sino que se plantaron dos especies típicas en los humedales como son el Carrizo (*Phragmites australis*) y la Espadaña (*Typha*). Dado que se temía que dichas especies vegetales no pudiesen desarrollarse plenamente en la zona y con la incertidumbre de la posibilidad de fallo se optó por plantar tres unidades por metro cuadrado (Figura 5.2); obviamente era un exceso y el resultado fue visible meses después cuando pudo observarse que las plantas eran capaces de llevar a cabo su desarrollo sin problema alguno y obteniendo así una vegetación muy densa. A lo que los costes de plantación de estas dos especies ascendieron a 21.500 euros (impuestos indirectos no incluidos) y se finalizaron los trabajos en el año 2003.

Se debe destacar que el concepto de Precio Mínimo de Venta, es lo referido al Coste Mínimo de Producción. Dado que con frecuencia, el agua no se vende ni se compra. Lo que se hace es valorar lo que cuesta hacer una cierta modificación de su calidad, que debe venir compensada con algún otro beneficio dinerario o de otro tipo, como puede ser el de la calidad ambiental.



**Figura 5.2: Plantación de Carrizo y Espadaña en el Humedal de Can Cabanyes**

Con lo que teniendo en cuenta que en estos valores no se han considerado los Gastos Generales (13%), el Beneficio Industrial (6%) y el I.V.A. (16%); serán gastos que podrán asumirse en concepto de impuestos a la hora de realizar los cálculos para obtener Valor Actual Neto (VAN) y el Precio Mínimo de Venta (PMV) del agua, se deben distinguir los costes de obra civil de los impuestos que conllevan.

Posteriormente se detallan los costes de inversión, estos serán los que impliquen una inversión futura en el humedal o bien para el desarrollo o mejora del mismo, para los cuales en este caso de estudio se podrán distinguir dos tipos:

- Asesoramiento sobre el funcionamiento de los SHC, inversión anual desde el año 2001 cuando se comienza el estudio de diseño del humedal por parte de la UPC y continuada en el marco de un convenio Ayuntamiento-Empresa, asciende a 3.500 euros anuales.
- Coste asociado al centro de educación ambiental de Can Cabanyes, inversión anual desde el año 2003 de 5.500 euros anuales, este coste incluye gastos destinados a actividades de educación ambientales y también las relacionadas con los servicios y suministros del centro (agua, luz, limpieza, mantenimiento, etc.).

En todos estos costes el I.V.A., no está incluido, se incluirá en el apartado de impuestos.

### 5.2.2. Costes de explotación y mantenimiento (CEM)

Estos costes son los que hacen posible que el humedal funcione diariamente y se lleve a cabo una correcta explotación del mismo, los cuales son:

- Costes por mantenimiento del humedal, cuyo coste anual asciende a 12.000 euros a partir de su puesta en funcionamiento en el año 2003.
- Costes generados por el Laboratorio de aguas del Prat (análisis de aguas), que ascienden a 500 euros anuales a partir del año 2005.

Al igual que en el apartado anterior, no están incluidos los impuestos indirectos, en este caso sólo el I.V.A.

### 5.2.3. Impuestos (IMP) y Fondos Ajenos (FA)

En el apartado de costes por Impuestos, se incluirán todos los gastos correspondientes a las facturas recibidas con el concepto de I.V.A. (Impuesto sobre el Valor Añadido, correspondiente al 16% del Presupuesto final de ejecución Antes de Impuestos), Gastos Generales o Beneficio Industrial; todo esto para cada uno de los costes descritos anteriormente.

Los Gastos Generales corresponden a los costes generados por las oficinas generales, el departamento de contabilidad, la oficina de personal, el departamento de crédito y cobranza y demás actividades de la venta de mercancías. Es una subdivisión de los gastos de operación, está incluido en el sector de la construcción y asciende al 13% de Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

El Beneficio Industrial se refiere a los beneficios que la empresa constructora (en el caso del sector de la construcción) gana por el suministro de los materiales de forma neta.

Los costes por Fondos Ajenos son aquellos que se generan al realizar la petición de un crédito durante la devolución del mismo, impuestos incluidos. Es decir la financiación que se recibe por parte de una empresa externa, para el cual se deberían realizar los pagos del retorno del capital más el interés correspondiente.

En este caso los Fondos Ajenos tienen un coste de cero euros ya que toda la financiación se realiza con capital de la Administración Pública, el cual no tendrá que ser devuelto ni amortizado en ningún momento.

#### 5.2.4. Coste de Oportunidad (CO)

El coste de oportunidad se puede expresar como el valor de la mejor opción no realizada, es decir lo que un agente se priva o renuncia cuando hace una elección o toma de una decisión (como por ejemplo la elección de un bien respecto de otro).

En este caso se analizará el rendimiento posible obtenido por el desembolso inicial ( $D_0$ , sin impuestos), es decir se tendrá en cuenta la posible rentabilidad que hubiese tenido dicho capital si hubiese sido depositado a renta fija en Letras u Obligaciones del Estado, cuya rentabilidad asciende al 4% anual (esta media se ha tomado para distintos plazos de inversión del capital y se ha dado un valor aproximado. Tesoro Público. Disponible en: < [www.tesoro.es](http://www.tesoro.es)>).

#### 5.2.5. Funcionamiento del esquema (Figura 5.1)

Lo primero que se debe hacer es estimar un Precio Mínimo de Venta (PMV) del agua regenerada de forma aproximada, tras la multiplicación del PMV por el Volumen total de Agua Regenerada (VAR) se podrán obtener los Ingresos por Ventas (IV) ficticios, ya que este agua no se venderá sino que se usará para el riego de zonas ajardinadas pertenecientes al Ayuntamiento de Granollers con lo que dicha agua deberá cumplir con las condiciones necesarias de calidad de Agua de Riego Agrícola, expuestas en la Tabla 4.1: Parámetros recomendados para el SHC de Can Cabanyes por el University of California Comitee of Consultants (1974) y Ayer & Westcot (1984), para el riego agrícola y de jardinería; contrastándolos con parámetros medidos de su efluente durante el año 2006 (García, Joan. *Calidad del agua tratada en el humedal de Can Cabanyes (Granollers) para el riego agrícola*, Junio de 2006).

Una vez obtenidos los supuestos ingresos, se procederá a restar los costes asociados al funcionamiento del humedal como son:

- Costes de Inversión
- Costes de Explotación y Mantenimiento
- Impuestos
- Fondos Ajenos

El resultado de todo esto genera el Cash Flow (sin tener en cuenta las amortizaciones ni las provisiones). Las amortizaciones sería el resultado de recuperar la inversión inicial realizada en un período determinado de tiempo, mientras que las provisiones son la capacidad de guardar fondos para una posible pérdida que pueda suceder frente a una avería o mal funcionamiento de alguno de los elementos del humedal.

---

Una vez obtenido el Cash Flow, se procede a la realización de la operación del cálculo del VAN mediante la fórmula expuesta en la Figura 5.1. Para ello se necesita el índice de renovación (incremento de precios) o Tasa Interna de Retorno o Rentabilidad (TIR), la inversión o desembolso inicial y el número de años de vida que se prevé para la obra, dado que en obra civil se estima una vida media de 25 años para este tipo de obras, tomaremos como  $n = 25$ .

Según la definición de la TIR, se expone que es una inversión aceptable si la misma excede al rendimiento requerido; de lo contrario, no es provechosa. Según la definición de la TIR, se trata de aquella tasa de rendimiento requerida que produce como resultado un valor presente neto de cero cuando se utiliza como tasa de descuento.

Para el estudio de este proyecto, se ha optado por tomar el valor de  $VAN = 0$  ya que el SHC no es una entidad de lucro, como ya se ha expuesto anteriormente, con lo que se pretende que únicamente que el sistema tenga un funcionamiento óptimo (*"que el sistema no pierda dinero"*). En caso de que el VAN obtenido sea distinto de cero, se irá incrementando el valor del precio del agua regenerada y se deberá proceder a la reiniciación del bucle hasta obtener un  $VAN = 0$ , una vez obtenido dicho valor se podrá hallar sin problema alguno el Precio Mínimo de Venta (PMV) del agua regenerada.

Recordando lo nombrado hace unos instantes, esta agua no tiene una finalidad de venta, pero este estudio quiere centrarse en su coste y los ingresos por  $m^3$  de agua regenerada que se necesitarían para poder llevar a cabo el funcionamiento del SHC de forma adecuada (sin generar pérdidas), pero tampoco obtener beneficios.

#### **5.2.6. Resumen de los valores para la aplicación del VAN**

En las Tablas 5.2 y 5.3, se ven detallados todos los valores necesarios para llevar a cabo el cálculo del VAN, definiendo cada uno de los parámetros expresados en los apartados anteriores.



Tabla 5.2: Cuadro de precios para el cálculo del VAN

Concepto	€/año
Desembolso (D <sub>0</sub> )	72500
Ejecución de la obra	
Costes de Inversión (CI)	3500 (*)
Convenio Ayuntamiento- Universidad	5500
Centro de educación ambiental	
Explotación y Mantenimiento (CEM)	12000
Mantenimiento del humedal	500 (**)
Análisis del Laboratorio del Prat	
Impuestos (IMP)	9425
Gastos Generales (1)	4350
Beneficio Industrial (1)	13804
IVA D <sub>0</sub> (1)	1920
IVA (CEM)	80
IVA (CEM) (2)	560
IVA (CI) (3)	880
IVA (CI)	
Fondos Ajenos (FA)	
100% Capital Administración Pública	0
Coste de Oportunidad (CO)	
4% Anual sobre D <sub>0</sub>	2900

(\*) En el año 2003 se indicará esta cuota por triplicado ya que empieza en el 2001, previo al estudio de este proyecto

(\*\*) Este coste empieza en el año 2005

(1) Sólo se contabilizan en el primer año (2003), ya que se deben a la obra civil

(2) Este coste empieza en el año 2005

(3) En el año 2003 se indicará esta cuota por triplicado ya que empieza en el 2001

Tabla 5.3: Otros datos de interés para el cálculo del VAN

Parámetro	Valor
Índice de renovación (i)	6,20%
Caudal anual (*)	73000 m <sup>3</sup>
Número de años (n)	25 años

(\*) Para el cálculo del VAN, se ha supuesto que el caudal medio diario corresponde al que el Ayuntamiento de Granollers quiere trabajar 200 m<sup>3</sup>/d (caudal de concesión máxima) y no a los 120 m<sup>3</sup>/d que está trabajando actualmente. Esto se debe a que los responsables del estudio prevén poner el humedal a pleno rendimiento a partir de este verano y comenzar a regenerar agua con el fin de destinarla al riego de los jardines de la ciudad de Granollers (Apartado 4.5.3)

### 5.3. Presentación y discusión de los resultados obtenidos

Mediante la aplicación de la fórmula expuesta en la Figura 5.1 y asumiendo los datos de las Tablas 5.2 y 5.3 obtenemos los siguientes valores del Precio Mínimo de Venta (PMV) del agua regenerada y del Valor Actual Neto (VAN).

Tabla 5.4: Resultados obtenidos para el cálculo del PMV y del VAN

PMV	VAN
0,5	3576,391147
0,47	-23894,92684
0,475	-19316,37384
0,49	-5580,714848
0,495	-1002,161851
0,497	829,2593483
0,4965	371,4040486
0,4962	96,69086873
0,4961	5,119808776
0,496095	0,622385492
0,496093	-1,290165421

0,4960945	0,083400478
0,49609445	0,037614948
0,49609442	0,01014363
0,496094415	0,005565077

Como podemos observar en la Tabla 5.4, para poder hallar el valor del VAN = 0, se ha tenido que aproximar el precio del agua hasta el noveno decimal; sin embargo para expresar los resultados de una forma más coherente se ha optado por redondear al cuarto decimal para poder expresar los resultados de una forma más 'exacta', aunque el resultado óptimo debería llegar hasta los céntimos de euro (dos decimales), con lo que el precio óptimo del agua es de **0,4961 €/m<sup>3</sup>**; mientras que si se optara por el redondeo a los céntimos de euro, ascendería a **0,50 €/m<sup>3</sup>**.

Este coste de **0,50 €/m<sup>3</sup>**, corresponde al precio del agua regenerada para el concepto de uso agrícola; como se puede observar es un precio realmente elevado si se compara con el precio de la EDAR (**0,08 €/m<sup>3</sup>**), esto se debe al bajo nivel de caudal tratado anual/diariamente, ya que en los Sistemas de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales (SRRAR) cuanto mayor es el volumen tratado por la planta menor será su precio de venta, dichos sistemas siguen el principio de *Economía de Escala* (Martínez Coll, J.C. "La producción y las empresas" en La Economía de Mercado, virtudes e inconvenientes, 2001).

Este sistema permite una reducción de precios de venta ya que disminuyen los costes de producción del mismo al tratar cantidades mayores de producto, en este estudio en concreto, se debe a que los costes de inversión no varían mucho en función de los distintos volúmenes de aguas a tratar, con lo que se podrían llegar a tratar volúmenes mucho mayores asumiendo unos costes similares bien sean de inversión como de explotación y mantenimiento.

Es decir que a sistemas más grandes y con mayor volumen de tratamiento de aguas, se obtendrán precios más competitivos. Como curiosidad se podría decir que en la actualidad la EDAR de Granollers está tratando **30000 m<sup>3</sup>/día** los cuales son únicamente depurados y tras ese proceso vertidos al río Congost (medio natural), en caso de que tuviese que ser para uso agrícola su coste ascendería a **0,08 €/m<sup>3</sup>** (Freixò, Àngel. Entrevist a concedida en Febrero de 2007).

Se puede observar que dista mucho del precio por m<sup>3</sup> de agua regenerada por el humedal para ese fin, esto se debe al principio de *Economía de Escala* mencionado anteriormente, ya que el humedal trata menos caudal diariamente, unos **200 m<sup>3</sup>/día**, tratándose por lo tanto de un sistema de menor rendimiento (Apartado 4.5.3).

#### 5.4. Incorporación de la amortización para el cálculo del VAN

A la definición de Flujo de Caja antes establecida, ahora se le incorporará un valor más que será el antes nombrado, la amortización. De esta forma se obtendrá la siguiente expresión:

$$CF_n = IV_n - (CI_n + CEM_n + IMP_n + FA_n + CO_n) + \text{Amortizaciones} + \text{Provisiones}$$

En este caso de estudio no se tendrán en cuenta las **Provisiones** ya que se debe a sucesos extraordinarios que puedan ocurrir como puede ser la rotura de una tubería o algún tipo de avería del sistema en concreto.

Para analizar las **Amortizaciones**, primeramente se debe exponer que siempre son negativas, ya que tratan de recuperar el capital invertido inicialmente, con el paso de la planta en funcionamiento. Cabe decir que este estudio es un caso hipotético, ya que actualmente en ninguno de este tipo de sistemas se está llevando a cabo amortización alguna, así que de momento la idea inicial de estas amortizaciones será la de gravar los costes de inversión inicial sobre el precio del agua en el tiempo de vida útil del proyecto, 25 años.

En la Tabla 5.5 se resumirán los costes o desembolso inicial (**D<sub>0</sub>**) junto a sus respectivas amortizaciones:

Tabla 5.5: Valores para los cálculos de la amortización incluida en cada m<sup>3</sup>

Parámetro	Valor
Desembolso Inicial (D <sub>0</sub> )	72500 €
Vida Útil	25 años
Caudal anual	73000 m <sup>3</sup>
Amortización anual	2900 €/año

Como se puede observar en la Tabla 5.5, el concepto de amortización anual ascenderá a **2900 €/año**, este coste se puede asumir como los demás, de forma anual (hipótesis establecida para este trabajo). Una vez calculada la aproximación del **PMV** para obtener el **VAN=0**, se podrá ver la diferencia de precios teniendo en cuenta o no las amortizaciones (Tabla 5.6).

Un dato del cual no se dispone pero que se puede calcular mediante la amortización anual es la **Tasa de Depreciación**. Este valor se calcula respecto a la inversión/desembolso inicial (**D<sub>0</sub>**). Mediante una operación sencilla de división de la amortización anual entre el desembolso inicial, se obtiene que la Tasa de depreciación es del **4%**.

Según su definición, la Tasa de depreciación es una deducción anual del valor de una propiedad, planta o equipo. Da a entender la disminución en potencial de servicio, los activos pueden depreciarse basándose en criterios económicos, considerando el plazo de tiempo en que se hace uso en la actividad productiva, y su utilización efectiva en dicha actividad (Gerardo Guajardo / Phebe M. Woltz / Richard T. Arlen. Contabilidad, Ed. Mc Graw Hill).

**Tabla 5.6: Resultados obtenidos para el cálculo del PMV y el VAN (+Amortizaciones)**

<b>PMV</b>	<b>VAN</b>
0,5	-32801,15322
0,53	-5329,835232
0,538	1995,849564
0,5369	988,5679047
0,536	164,4283651
0,5358	-18,71375477
0,53583	8,757563212
0,535822	1,431878416
0,5358215	0,974023116
0,535821	0,516167816
0,5358195	-0,857398083
0,53582	-0,399542783
0,5358205	0,058312517
0,53582045	0,013338284
0,53582044	0,003369881

Considerando la amortización, se obtiene un valor de **0,5358 €/m<sup>3</sup>**, lógicamente el valor del PMV del agua regenerada en esta ocasión es algo mayor **0,54 €/m<sup>3</sup>** (redondeando hacia arriba hasta llegar a los céntimos de euro), ya que considera la amortización del desembolso inicial ( $D_0$ ). La diferencia del PMV con o sin amortización no es muy elevada **0,04 €/m<sup>3</sup>**, esto es debido a que el  $D_0$  no fue muy elevado.

Dado que en un principio no se ha considerado la posibilidad de recuperar el capital invertido, ya que el agua tratada tiene el fin de riego para parques y jardines del Ayuntamiento de Granollers. Lo que se pretende o una de las opciones posibles es la implantación en un futuro próximo de algún tipo de cursillos para poder recuperar el capital invertido, bien sean en concepto de Master o enseñanza de algún tipo relacionado claro está con la regeneración y reutilización de agua en los SHC (Domingo, Virginia. Entrevista concedida en Febrero de 2007).