

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIÓN GENERAL

- Una vez elaborada la lista de indicadores de sostenibilidad en las tres vertientes del desarrollo sostenible (ambiental, económico y socio-cultural), la información recogida en cuanto a éstos parece confirmar que la elección de sistemas no convencionales como los humedales construidos o los lagunajes para el tratamiento de aguas residuales provenientes de pequeños núcleos es, en general, apropiado y sostenible, en la medida que presentan menor consumo energético, y menor cantidad de hormigón. La mayor exigencia por parte de estos sistemas no convencionales se refleja normalmente a nivel de área necesaria para su implementación, todo y que esa situación no constituye una limitación en regiones rurales donde predominan pequeñas poblaciones, y costes elevados en construcción civil y en inversión.

Se ha comprobado que los filtros percoladores de baja carga estáticos y sin recirculación consisten en un sistema convencional de bajo coste de inversión y explotación y mantenimiento, bajo consumo energético y baja área ocupada. Este sistema de tratamiento puede por tanto constituir una buena opción para el tratamiento biológico de aguas residuales en EDARs que sirven a pequeñas poblaciones rurales.

Algunos de los resultados de indicadores de sostenibilidad presentados, entre otros el de fangos producidos por habitante y año, y el de costes de explotación y mantenimiento por habitante y por año no son del todo fidedignos. Esto es debido al tamaño reducido de la muestra de EDARs estudiadas, así como la escasez de datos, las distintas edades de las diversas instalaciones, o la población utilizada para los cálculos, la población de proyecto, ante la falta de datos de la población realmente servida. Además puede estar condicionado por las especificaciones y los condicionamientos locales.

6.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Es conocido que el modelo actual de desarrollo económico se mueve debido a las tecnologías de extracción y producción de materiales y materias primas, a la explotación de recursos energéticos, y a la producción de alimentos. Éste modelo genera límites y desequilibrios: a nivel ambiental - consumo de recursos que genera impactos, residuos, contaminación - a nivel económico- distribución desigual de la riqueza, deuda externa que impide el desarrollo - a nivel socio-cultural- crecimiento de la población, paro, desaparición de la diversidad cultural, analfabetismo, diferencia de géneros, marginación social, hambre, conflictos armados. Existe por tanto la necesidad de un modelo de desarrollo sostenible *“aquel mediante el cual las generaciones actuales utilizan los capitales disponibles (en función de criterios socialmente aceptables y deseables, ecológicamente viables y no degradantes, y económicamente realizables con tecnologías apropiadas), y que deja a las futuras generaciones unos capitales no menores que los que las generaciones actuales tienen ahora a su disposición”*.

Las Címera mundial principal que se ha celebrado acerca de medio ambiente es la **Cumbre de la Tierra, Río 92 (1992)** que se concretó en compromisos de actuación: el

Convenio Marco para el Cambio Climático, la Declaración de principios y el Convenio sobre la Biodiversidad, y en especial la “Agenda 21”. La Cimera de **Johannesburgo (2002)**, **Dinamarca (1994)** y sus posteriores elaboraciones en Sevilla, Lisboa y Hannover así como **Aalborg+10 (2004)** son otras cimeras de menor importancia que la primera y que se han celebrado hasta ahora.

- Un sistema de tratamiento de aguas residuales para que sea sostenible y apropiado, tiene que tener una mínima utilización de recursos, incluyendo la disponibilidad del espacio, y generación de residuos, ser de bajo coste y al mismo tiempo tiene que ser aceptado positivamente por la población a la que sirve. Existen distintos tipos de tecnologías considerados a priori más sostenibles por los motivos citados anteriormente. Sistemas de tratamiento individuales: letrinas con una única o bien doble fosa, fosa séptica (tratamiento primario). Sistemas de tratamiento colectivos: fosa séptica, tanque Imhoff (tratamiento primario), zanjas de infiltración, filtros intermitentes de arena, filtros verdes, infiltración rápida, escorrentía superficial, humedal construido, laguna aerobia y/o anaerobia (tratamiento secundario).
- En el diseño de obras públicas se empieza a tener una sensibilidad en cuanto al diseño sostenible, y concretamente, en el campo del saneamiento de aguas residuales. Para ello un instrumento de apoyo para la decisión importante es el listado de indicadores elaborado y aplicable a cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los indicadores de la vertiente **ambiental** son los siguientes: potencia instalada, energía consumida, porcentaje de energía consumida de la EDAR respecto al consumo de la población, productos químicos, área consumida, material de construcción (hormigón y material reutilizados)-tratándose estos primeros de los recursos consumidos- volumen de sólidos, fangos generados y gases producidos-tratándose estos últimos de residuos generados-. Los indicadores de la vertiente **económica** son básicamente el coste de inversión inicial que abarca temas constructivos y el de operación y mantenimiento de la EDAR. Finalmente, los indicadores de la vertiente **socio-cultural** son los siguientes: olores, ruido, calidad del servicio, impacto ambiental, uso recreativo y sensibilización en cuanto a comportamientos sostenibles de la población.

- Portugal se ha preocupado en elevar la tasa de población servida por sistemas de tratamiento de aguas residuales, siendo en 1994 el 32%, y en 1999 el 55% según datos de *PEAASAR*. Hasta el año 2000 los sistemas de tratamiento de aguas residuales se han caracterizado por el deficiente funcionamiento, por la existencia de sistemas de tratamiento inadecuados, y por un deficiente control en las descargas de aguas residuales, cuyos incumplimientos asumen gran importancia en la degradación del medio ambiente. Con la finalidad de mejorar la calidad de las aguas, Europa ha estado promoviendo directivas europeas, caso de la Directiva 91/271/CEE, cuya adaptación portuguesa se traduce en el *Decreto-Lei n.º152/97 do 19 de Junho* que limitan las cargas contaminantes hacia los distintos medios receptores. En el caso de tratarse de pequeñas poblaciones con menos de 2000 habitantes equivalentes la Directiva exige que el esquema de tratamiento deberá consistir en un “tratamiento adecuado”. Un reflejo de ésta es el “*Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (2000-2006)(PEAASAR)*” El objetivo principal de este Plan de Saneamiento es que en el año 2006 el 90% de la población del país sea servida con sistemas de tratamiento de aguas residuales, de modo que la construcción y remodelación va a darse en un 70% de EDARs de zonas rurales (Matos *et al.*, 2002). Además, el 42,4% de la

población portuguesa todavía vive en zonas rurales y en poblaciones con menos de 2000 habitantes (INE, 2001).

Los indicadores establecidos se han aplicado a cada una de las EDARs estudiadas que sirven a poblaciones rurales con menos de 2000 habitantes de población de proyecto presentes en los Concelhos de Odemira, Penamacor, Sabugal, Fundão y Viseu. Dado que en estos Concelhos se encuentran una gran diversidad de tipologías de tratamiento biológico de aguas residuales se ha dividido los sistemas en: convencionales -fangos activados y filtros percoladores- y no convencionales -humedales construidos y lagunaje-. Esta distinción a la hora de aplicar los indicadores de sostenibilidad es relevante porque la fase del tratamiento secundario es la que los diferencia y es determinante en la comparativa de ambos tipos de sistemas.

- En la Tabla 50 se muestra de forma sintetizada los valores de los indicadores de sostenibilidad más relevantes del análisis comparativo discutido en este estudio.

Tabla 50. Síntesis de los indicadores de sostenibilidad aplicados a sistemas convencionales y no convencionales.

<i>Indicador de sostenibilidad</i>	<i>Unidades</i>	<i>Sistemas no convencionales</i>			<i>Sistemas convencionales</i>			
		<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Valor medio</i>	
Ambientales	Potencia instalada	kW/hab	0,007	0,017	0,011	0,010	0,023	0,016
	Energía consumida	kWh/hab.año	2,2	17,3	10,1	22,6	59,8	46,5
	Porcentaje de energía consumida por la EDAR respecto el consumo del Concelho	%	0,1	1,2	0,6	1,2	3,5	2,7
	Área ocupada	m ² /hab	3,9	30,4	8,9	1,1	8,4	3,5
	Volumen de hormigón	m ³ /hab	0,13	0,87	0,26	0,16	0,46	0,28
	Económicos	Coste de construcción civil	€/hab	199	567	324	80	398
Coste de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas		€/hab	8	67	19	30	113	32
Coste de terreno ocupado (*)		€/hab	10	76	30	3	21	8
Coste de inversión inicial (*)		€/hab	217	591	382	131	180	162
Coste de explotación y mantenimiento (*)		€/hab.año	29,4	56,0	43,4	19,0	52,5	36,4
Coste energía		€/hab.año	0,2	1,5	0,9	1,9	5,1	4,0

(*) Para una muestra de 8 EDARs del Concelho de Odemira.

A continuación se presentan las conclusiones más relevantes a partir de los indicadores de la Tabla anterior, siendo los más significativos.

Indicadores ambientales

Energía:

- ⇒ En términos de *potencia instalada* las EDARs que tienen *sistemas no convencionales* presentan *potencias instaladas menores* que los sistemas

convencionales. La potencia instalada en el equipamiento electromecánico es determinante dentro del indicador de potencia instalada total en los sistemas no convencionales y en los convencionales puesto que la instalada en la iluminación es la misma para ambos.

En términos de *energía consumida*, los *sistemas no convencionales tienen un menor consumo* respecto a los sistemas convencionales. El 40% de la energía consumida por sistemas no convencionales es debido al equipamiento electromecánico, siendo de hasta el 90% en los sistemas convencionales.

En términos de *porcentaje de energía consumida* por la EDAR a nivel territorial, los *sistemas no convencionales tienen un menor consumo* respecto a los sistemas convencionales. Sin embargo, al ser el porcentaje para ambos sistemas de tratamiento inferior al 3,5% puede considerarse que *las EDARs tienen un consumo casi nulo a nivel territorial de Concelho*.

- ⇒ Hay dos sistemas de filtros percoladores que tienen una potencia instalada y consumo de energía nulo, por lo que se puede considerar un sistema convencional que tiene las mismas necesidades energéticas que un sistema no convencional. Por tanto, es un sistema que podría considerarse como no convencional en este aspecto.
- ⇒ *Potenciar los sistemas con menor consumo de energía. Los sistemas no convencionales y filtros percoladores son más sostenibles en este aspecto.*

Área ocupada:

- ⇒ Las EDARs con *sistemas no convencionales requieren de mayor área ocupada que los sistemas convencionales*. Esto se debe a que los sistemas no convencionales son sistemas extensivos.
- ⇒ *Potenciar los sistemas con menor área ocupada. Los sistemas convencionales son más sostenibles en este aspecto. Sin embargo en pequeñas poblaciones rurales no suele existir ninguna limitación de terreno para la implantación de una EDAR.*

Hormigón consumido:

- ⇒ Las EDARs con *sistemas no convencionales consumen generalmente menor cantidad de hormigón que las convencionales. El mayor porcentaje de hormigón en los sistemas no convencionales se encuentra en el tratamiento primario y en los convencionales en el tratamiento secundario.*
- ⇒ Hay varias excepciones en esta muestra, caso de las EDARs de filtros percoladores, que tienen una cantidad de hormigón inferior a los sistemas convencionales, aproximándose a la cantidad de los sistemas no convencionales.
- ⇒ *Potenciar los sistemas con menor consumo de hormigón. Los sistemas no convencionales y filtros percoladores son más sostenibles en este aspecto.*

Indicadores Económicos

Coste de construcción civil:

- ⇒ Las EDARs con *sistemas no convencionales tienen un coste de construcción civil unitario mayor que los convencionales*. Es además elevado para cualquier sistema de tratamiento que sirve hasta 1000 habitantes *disminuyendo cuando la población*

es mayor debido al efecto escala (mayor repartición de costes cuando mayor es la población).

- ⇒ *El tratamiento secundario determina el coste de construcción civil para cualquier sistema de tratamiento. Para los no convencionales las tuberías y accesorios determinan los costes en segundo lugar. Para los convencionales los procesos de tratamiento primario determinan los costes en segundo lugar. Aunque se utilice en los sistemas de tratamiento no convencionales mayor cantidad de hormigón en los procesos de tratamiento primario, los mayores costes son en los procesos de tratamiento secundario y tuberías y accesorios.*
- ⇒ *Potenciar los sistemas con menor coste de construcción civil. Los sistemas convencionales: de filtros percoladores hasta 1000 habitantes y de fangos activados para más de 1000 habitantes son más sostenibles en este aspecto.*

Coste en equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas:

- ⇒ *El coste en equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas es menor para sistemas de tratamiento no convencionales en comparación con los sistemas convencionales*
- ⇒ *Hay poblaciones de menos de 500 habitantes donde existen sistemas convencionales de filtros percoladores que tienen menor coste que sistemas no convencionales.*
- ⇒ *Potenciar los sistemas con menor coste. Los sistemas convencionales: de filtros percoladores hasta 500 habitantes y no convencionales para más de 1000 habitantes son más sostenibles en este aspecto.*

Coste de inversión (obtenidos de una muestra de 8 EDARs del Concelho de Odemira):

- ⇒ *El coste de inversión inicial es mayor en los sistemas no convencionales que en los sistemas convencionales. Es además elevado debido al efecto escala (mayor repartición de costes cuanto mayor es la población).*
- ⇒ *Potenciar los sistemas con menor coste de inversión. Los sistemas no convencionales son más sostenibles en este aspecto.*

Coste de explotación y mantenimiento (obtenidos de una muestra de 8 EDARs del Concelho de Odemira):

- ⇒ *El coste de explotación es el mismo para ambos sistemas de tratamiento siendo un poco mayor en los no convencionales, hecho que sorprende puesto que debería ser al contrario. El coste de mantenimiento en los sistemas no convencionales es mayor que en los sistemas convencionales, por lo cual la suma de ambos *son mayores en los sistemas no convencionales que en los sistemas convencionales. Este hecho no permite obtener conclusiones adicionales puesto que los costes son más bajos en los no convencionales habitualmente.* El motivo se debe a la poca eficacia en la operación y mantenimiento en los sistemas de tratamiento convencionales Debido al poco mantenimiento de los sistemas convencionales se produce este hecho. Además es elevado hasta que sirve 500 habitantes disminuyendo cuando la población es mayor debido al efecto escala (mayor repartición de costes cuanto mayor es la población).*
- ⇒ *Potenciar los sistemas con coste de explotación y mantenimiento bajos. Los sistemas no convencionales deberían ser más sostenibles en este aspecto.*

6.3 RECOMENDACIONES

- Asumir el desarrollo sostenible como un objetivo fundamental de nuestros planes futuros como humanidad, de manera que los estudios, trabajos, proyectos y acuerdos a distintos niveles proporcionen principios, direcciones y objetivos tanto a nivel global mundial como a escala local municipal. Aplicar el concepto y sus principios en el contexto de la construcción civil, y concretamente en el campo del saneamiento teniendo en cuenta todas las situaciones: zonas urbanas y zonas rurales tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo.

- Diseñar y proyectar de modo sostenible. En el campo del saneamiento se diseña actualmente para obtener una solución lo más viable económicamente y una eficiencia adecuada del efluente, lo que significa que cumpla unas condiciones determinadas después del tratamiento. Se propone después de este estudio, añadir una componente más de eficiencia en cuanto a la sostenibilidad: una eficiencia de uso de recursos tanto materiales como energéticos, de generación de residuos, de aceptación social, de calidad aceptable.

Según los *recursos energéticos*, diseñar sistemas de tratamiento que funcionen mediante la acción de la gravedad si las condiciones ambientales y el propio terreno lo permiten, para evitar la energía eléctrica necesaria para casos de bombeo que deben salvar las diferencias topográficas. Así mismo utilizar energías renovables en el caso de sistemas que requieran energía tanto en el propio tratamiento como en la iluminación, y como por ejemplo la energía solar térmica, la solar fotovoltaica o la procedente de procesos de cogeneración, siendo viable este único caso para instalaciones de más de 10000 habitantes.

Según los *recursos materiales*, utilizar en su construcción materiales reciclados, o bien reutilizar materiales procedentes de desechos de construcción puesto que este ámbito genera un gran volumen de residuos. Utilizar materiales que no provoquen lixiviados en su degradación o que en su contacto con el agua viertan contaminantes.

Según los *residuos generados* como los fangos, reutilizarlos para la agricultura, los parques y jardines o bien para crear materiales de construcción. Reutilizar el agua tratada para riego, recarga de acuíferos, limpieza.

Según la *aceptación social*, hacer una evaluación continuada cara a la población para identificar problemas como integración, ruidos, olores, calidad de los efluentes que afectan a riberas, y para que se implique la comunidad como si de un proyecto propio se tratase, de modo que lo utilice lúdicamente o educativamente.

- En cuanto a este estudio, se recomienda utilizar este listado y sus conclusiones como instrumento de apoyo de cara al futuro diseño de instalaciones de tratamiento para países desarrollados y en vías de desarrollo. Además a partir del listado establecido de indicadores de sostenibilidad, del cálculo para cada una de las EDARs, se recomienda establecer una metodología de cálculo para encontrar un índice global capaz de representar la sostenibilidad de un sistema de tratamiento de agua residual así como un índice que pueda ser comprendido por todos los ámbitos de la sociedad: por la población, por la clase política.