

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comparar los resultados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en estudio, con base en el conjunto de indicadores de sostenibilidad establecidos e aplicados, este capítulo se ha estructurado de la siguiente forma:

5.1 Consideraciones generales.

5.2 Resultados obtenidos en forma de tabla para cada indicador y cada sistema de tratamiento, y discusión dividiendo los sistemas de tratamiento según el sistema de secundario en dos grupos: los sistemas de tratamiento convencionales que engloban fangos activados y filtros percoladores, y los sistemas no convencionales o naturales, que engloban los humedales construidos y el lagunaje.

5.3 Comparación de los sistemas de tratamiento analizados mediante los cuatro indicadores más representativos.

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Este capítulo se fundamenta en varias consideraciones generales algunas de las cuales se citaron ya en el capítulo anterior, pero que deben tenerse siempre presentes:

1. En el estudio de los indicadores de sostenibilidad aplicados en cada sistema de tratamiento, se consideró oportuno tomar en su cálculo la población de proyecto, puesto que se disponía de esta información de forma fidedigna. Para el cálculo de algunos indicadores en los que es importante el año, debería haberse utilizado la población servida, dato que oscilaba según la fuente consultada. Sin embargo, cuando se habla de habitante se refiere a habitante de proyecto.
2. Este estudio se centra en pequeñas poblaciones rurales de menos de 2000 habitantes, límite para realizar un tratamiento adecuado: tratamiento que no solo depende del número de habitantes, también de la sensibilidad del medio receptor.
3. Se han estudiado, tal como se comenta en el capítulo anterior, 15 EDARs de distintos Concelhos de Portugal (con 9 sistemas no convencionales y 6 sistemas convencionales) a las cuales se les ha aplicado los indicadores de sostenibilidad. El número de indicadores cuantificados fue superior en el Concelho de Odemira en comparación con las restantes debido a la facilidad de recogida de información de datos de explotación 'in situ'. Algunos indicadores solo se obtuvieron en las EDARs de este Concelho. Otros indicadores no se pudieron cuantificar en ninguna de las EDARs estudiadas.

Finalmente, en este capítulo, se recurrió siempre que fue posible para la presentación de los valores de los resultados obtenidos a tablas, gráficos de dispersión, descartándose la utilización de líneas de tendencia debido a la dispersión de los resultados obtenidos, y diagramas de barras con el objetivo de ser una herramienta de mayor comprensión y discusión.

5.2 RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN PARA CADA INDICADOR Y CADA SISTEMA DE TRATAMIENTO: SISTEMAS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

En este apartado se expondrán y se discutirán los resultados obtenidos en forma de tabla para cada indicador y cada sistema de tratamiento, y discusión dividiendo los sistemas de tratamiento según el sistema secundario: los sistemas de tratamiento convencionales que engloban fangos activados y filtros percoladores de baja carga, mostrados en color blanco en la tabla; y los sistemas no convencionales o naturales, que engloban los humedales construidos y el lagunaje y mostrados en color verde claro en la tabla.

5.2.1 Indicadores ambientales

1. Potencia instalada en la EDAR por habitante (kW/hab). 1.1. Potencia instalada en iluminación por habitante (kW/hab). 1.2. Potencia instalada en el equipamiento electromecánico por habitante (kW/hab).

2. Energía consumida en la EDAR por habitante y por año (kWh/hab.año). 2.1. Energía consumida en la iluminación por habitante (kWh/hab.año). 2.2. Energía consumida en el equipamiento electromecánico por habitante (kWh/hab.año).

A continuación se muestra en la Tabla 21 los valores obtenidos de proyecto así como los valores estimados de la potencia instalada en las EDARs y de la energía consumida en ellas. De este modo se presentan los resultados de ambos indicadores de forma conjunta.

Tabla 21. Potencias instaladas y energías anualmente consumidas en las EDARs objeto de estudio.

Concelho	EDAR	Potencia instalada en la EDAR			Energía consumida anualmente en la EDAR		
		Total (kW)	Asociada a la iluminación (kW)	Asociada al equipamiento electromecánico (kW)	Total (kWh/año)	Asociada a la iluminación (kWh/año)	Asociada al equipamiento electromecánico (kWh/año)
Odemira	S. Luís	10.6 *	0.3	7.7	23714 *	1190 *	22524*
	Vale Ferro	0	0	0	0	0	0
	Luzianes	1.8*	0.1	0	438*	438 *	0
	Pereiras	0	0	0	0	0	0
	Bicos (red A y B)	0	0	0	0	0	0
	Fataca	3.4	0.5*	0	1679 *	1679 *	0
	Malavado	3.4	0.6*	0	2159	2159	0
Pena-macor	Meimão	7.0	0.5	2.3	6848 *	2047 *	4801 *
Sabugal	Amiais	7.0	0.9	0.8	5035 *	3642 *	1393 *
Fundão	Barroca	7.0	1.1	14.9	28492 *	4098 *	24393 *
	Silvares	35.0	1.2	32.9	8967 *	4555 *	85120 *
Viseu	Galifonge	5.6 *	0.7	4.0	9490 *	2576 *	6913 *
	Lustosa	5.6 *	0.7	4.0	11470 *	2576 *	8893 *
	Ribafeita	5.6 *	0.7	4.0	9662 *	2576 *	7085 *

Los valores con asteriscos son los valores que se estimaron a partir de datos de proyecto a falta de ser citados, tal como se describió en el capítulo anterior. El resto son los valores que se citaban en proyecto.

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Una vez ya obtenidos y estimados los valores de las potencias y energías de cada una de las EDARs, se obtuvieron los resultados de los indicadores tal como se explicó en el capítulo anterior y que se resumen en la Tabla 22.

Tabla 22. Potencia instalada en la EDAR por habitante. Energía consumida anualmente por habitante en la EDAR.

Concelho	EDAR	Potencia instalada en la EDAR			Energía consumida anualmente en la EDAR		
		Total (kW/hab)	Asociada a la iluminación (kW/hab)	Asociada al equipamiento electromecánico (kW/hab)	Total (kWh/hab.año)	Asociada a la iluminación (kWh/hab.año)	Asociada al equipamiento electromecánico (kWh/hab.año)
Odemira	S. Luís	0,010	0,001	0,007	22,6	1,1	21,4
	Vale Ferro	0	0	0	0	0	0
	Luzianes	0,009	0,001	0	2,2	2,2	0
	Pereiras	0	0	0	0	0	0
	Bicos (red A y B)	0	0	0	0	0	0
	Fataca	0	0	0	0	0	0
	Malavado	0,017	0,002	0	8,4	8,4	0
Penamacor	Meimão	0,001	0,002	0	6,2	6,2	0
Sabugal	Amiais	0,011	0,002	0,001	7,7	5,6	2,1
Fundão	Barroca	0,014	0,002	0,023	56,8	8,2	48,8
	Silvares	0,023	0,001	0,022	59,8	3,0	56,7
Viseu	Galifonge	0,010	0,001	0,007	17,3	4,7	12,6
	Lustosa	0,007	0,001	0,005	14,3	3,2	11,1
	Ribafeita	0,007	0,001	0,005	12,1	3,2	8,7

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

En cuanto al indicador de potencia instalada y energía total consumida puede observarse que en general en los sistemas convencionales es mayor que en los sistemas naturales. Aunque existen tres EDARs convencionales, las de **Pereiras**, **Bicos-Red A** y **Bicos-Red B**, todas situadas en el Concelho de Odemira, con potencia instalada y por tanto consumo de energía nulos, tratándose de filtros percoladores de baja carga sin recirculación. Del mismo modo, existe un sistema de tratamiento no convencional de la EDAR de **Vale Ferro**, situada también en el Concelho de Odemira y que es un sistema de lagunaje, que tiene también potencia nula.

En cuanto a la potencia instalada y energía consumida asociada al equipamiento electromecánico, es en general mayor en los sistemas convencionales que en los sistemas no convencionales, siendo nulas en este último tipo de sistemas para poblaciones pequeñas inferiores a los 500 habitantes. Esto es debido en este estudio a que el tratamiento primario se suele construir a una cota mayor que los humedales o las lagunas, con lo que el movimiento del agua se consigue por gravedad.

Estos dos indicadores, así como el siguiente (porcentaje de energía consumida) se estudiarán detenidamente dentro del siguiente punto de indicadores representativos.

3. Porcentaje de energía consumida en la EDAR respecto al consumo total de energía de la población servida (%).

A continuación se muestra en la Tabla 23 los valores del porcentaje de energía consumida en la EDAR respecto al consumo total de energía de la población servida obtenidos de todas las EDARs objeto de estudio.

Tabla 23. Porcentaje de energía consumida territorialmente por la EDAR.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Porcentaje de energía consumida en la EDAR respecto al consumo total de energía de la población servida (%)</i>
Odemira	S, Luís	1,2
	Vale Ferro	0
	Luzianes	0,1
	Pereiras	0
	Bicos - red A	0
	Bicos - red B	0
	Fataca	0,4
	Malavado	0,3
	Penamacor	Meimão
Sabugal	Amiais	0,8
Fundão	Barroca	3,5
	Silvares	3,5
Viseu	Galifonge	0,8
	Lustosa	0,6
	Ribafeita	0,55

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

En cuanto a este indicador puede observarse que los sistemas convencionales tienen un mayor porcentaje de consumo territorialmente respecto a los sistemas no convencionales. Existe, sin embargo, la excepción de las tres EDARs convencionales que son filtros percoladores de baja carga que tienen un consumo energético nulo y por tanto un porcentaje nulo.

El porcentaje es siempre inferior al 3,5% para cualquier tipo de tratamiento, hecho por el que puede asegurarse que las EDARs consumen poca cantidad de energía, casi nula, a nivel territorial de Concelho.

4. Porcentaje de recuperación de energía a partir de procesos de cogeneración sobre la energía total utilizada en el tratamiento en la EDAR (%). 4.1. Porcentaje de energía renovable sobre el total de energía total utilizada en el tratamiento en la EDAR (%). 4.2. Porcentaje de energía de fuentes no renovables sobre el total de energía total utilizada en el tratamiento en la EDAR (%).

Ninguna EDAR recuperó energía ni utilizó energía de fuentes renovables, por tanto el valor para todas las EDARs es del 0% de porcentaje de recuperación.

5. Productos químicos consumidos en la EDAR por habitante y por año (l/hab.año).

A continuación se muestra en la Tabla 24 los valores obtenidos del indicador en las EDARs que consumen productos químicos, productos que sirven para solventar problemas de malos olores.

Tabla 24. Productos químicos consumidos en la EDAR por habitante y por año.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Productos químicos consumidos en la EDAR</i>	<i>Cantidad (l/hab.año)</i>
Odemira	S, Luís	Lagosan	0,14
	Bicos - red A	Lagosan y Biolima	1,67

Nota. Ambas EDARs son sistemas convencionales.

De los resultados obtenidos puede concluirse que se consumen productos químicos en dos de los sistemas convencionales, mientras que en los no convencionales no se consumen. Sin embargo son productos químicos que se necesitan en el momento de explotación debido a males olores, no porque la EDAR en su diseño lo requiera.

6. Área total ocupada por la EDAR por habitante (m^2/hab). 6.1. Porcentaje de área ocupada por la EDAR sobre terrenos agrícolas (%). 6.2. Porcentaje de área ocupada por la EDAR sobre áreas de interés natural (por su valor ecológico) (%).

A continuación se muestra en la Tabla 25 el área ocupada por la EDAR y los valores obtenidos del indicador calculado a partir de éste.

Tabla 25. Área total ocupada por la EDAR y el indicador calculado a partir de éste por habitante.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Área total ocupada (m^2)</i>	<i>Área total ocupada por habitante (m^2/hab)</i>	
Odemira	S, Luís	8813	8,4	
	Vale Ferro	2424	8,7	
	Luzianes	6075	30,4	
	Pereiras	643	2,6	
	Bicos - red A	414	1,1	
	Bicos - red B	247	1,4	
	Fataca	936	4,7	
	Malavado	1392	3,9	
	Penamacor	Meimão	4615	8,4
	Sabugal Fundão	Amiais	6100	9,4
Barroca		2734	5,5	
Viseu	Silvares	2740	1,8	
	Galifonge	2620	4,8	
	Lustosa	4125	5,2	
	Ribafeita	4325	5,4	

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

En general, los sistemas convencionales de fangos activados y filtros percoladores requieren de menor área por habitante que los sistemas no convencionales como son los humedales construidos o el lagunaje. Además, los valores de los sistemas convencionales de fangos activados suelen estar alrededor de 0,1-0,5 metros cuadrados por habitante equivalente (Gullón, 2003), por lo que las parcelas en estas EDARs estudiadas son grandes y el espacio ocupado por los elementos del tratamiento es mucho menor. Y los valores de los sistemas no convencionales de lagunaje suelen estar alrededor de los 5-35 metros cuadrados por habitante equivalente y los de humedales

alrededor de los 3-55 metros cuadrados por habitante equivalente (Gullón, 2004), Existe además un sistema no convencional de lagunaje, cuyo valor es realmente grande aun cuando se encuentra dentro del rango, de 30,4 m², por lo que puede que esté incluido en el valor obtenido de proyecto alguna futura ampliación.

Este indicador se estudiará más detenidamente dentro del siguiente punto de los indicadores más representativos.

7. Volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR por habitante (m³/hab). 7.1. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento primario (%). 7.2. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento secundario (%). 7.3. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento terciario o de desinfección (%). 7.4. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento la deshidratación de fangos (%). 7.5. Porcentaje de hormigón empleado en el edificio de exploración (%). 7.6. Porcentaje de hormigón empleado en los caminos de acceso y exteriores (%).

A continuación se muestra en la Tabla 26 el volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR y los resultados obtenidos del indicador calculado a partir de éste.

Tabla 26. Volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR por habitante. Desglose de este indicador según la fase de tratamiento: primario, secundario, terciario y fangos; y según edificios de exploración y exteriores.

Concelho	EDAR	Volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR (m ³ /hab)	Volumen de hormigón en el tratamiento					
			Primario (m ³ /hab)	Secundario (m ³ /hab)	Terciario (m ³ /hab)	Fangos (m ³ /hab)	Edificio de exploración (m ³ /hab)	Exteriores (m ³ /hab)
Odemira	S. Luís	0,16	---	0,08	---	0,05	0,02	0,01
	Vale Ferro	0,25	0,04	0,13	---	0,01	---	0,07
	Luzianes	0,87	0,19	0,64	---	---	0,04	---
	Pereiras	0,46	0,15	0,07	---	---	---	0,24
	Bicos - red A	0,17	0,11	0,04	---	---	---	0,03
	Bicos - red B	0,23	0,14	0,04	---	---	---	0,05
	Fataca	0,27	0,16	0,00	---	---	---	0,11
	Malavado	0,20	0,11	0,00	---	---	---	0,09
	Penamacor	Meimão	0,16	0,12	0,02	0,01	---	0,01
Sabugal	Amiais	0,21	0,08	0,02	---	0,10	0,01	0,00
Fundão	Barroca	0,41	0,21	0,18	0,01	---	0,01	0,00
	Silvares	0,24	---	0,14	0,00	0,09	0,02	0,00
Viseu	Galifonge	0,17	0,09	0,00	---	0,04	0,04	0,00
	Lustosa	0,13	0,07	0,00	---	0,04	0,03	0,00
	Ribafeita	0,13	0,07	0,00	---	0,04	0,03	0,00

Nota. Los guiones en una fase del tratamiento significan que esta EDAR no tiene esta fase en su tratamiento, mientras que el valor cero indica que existe la fase de tratamiento pero sin embargo no tiene hormigón o bien una cantidad muy pequeña de éste. Los valores se expresan con dos decimales puesto que el rango es muy pequeño.

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

La cantidad de hormigón que se utiliza en la construcción de los sistemas convencionales de tratamiento en comparación con los sistemas no convencionales de

humedales construidos o lagunaje es parecido, siendo un poco mayor en los primeros. Hay un sistema no convencional con una gran cantidad de hormigón utilizado en su construcción, la EDAR de **Luzianes** situada en el Concelho de Odemira y que tiene lagunaje. El hecho del uso de este material en un 75% de la construcción de la EDAR y en un 42% en el tratamiento secundario hace aumentar el valor.

El tratamiento primario consume la mayoría del hormigón en una EDAR con tratamiento no convencional (46%). En cambio son el tratamiento primario y el secundario con el mismo valor (34%) los que consumen mayoritariamente hormigón en una EDAR con tratamiento convencional.

Los sistemas no convencionales que tienen humedales construidos son los sistemas por regla general que tienen un menor consumo de hormigón, siendo su mayor consumo en los procesos de tratamiento primario. Cabe comentar también que hay sistemas no convencionales que tienen procesos de tratamiento de fangos, pues tratan los fangos primarios provenientes del tratamiento primario: fosas sépticas o tanques Imhoff, hecho que hace aumentar el valor del hormigón utilizado en la EDAR.

Este indicador se estudiará más detenidamente dentro del siguiente punto de los indicadores más representativos.

8. Porcentaje de material reciclado utilizado en la construcción de la EDAR sobre el total de material utilizado en su construcción (%).

No se obtuvieron resultados al no utilizarse material reciclado en la construcción de las EDARs.

9. Calidad de las aguas según la legislación que hay en vigor en términos del número de resultados que cumplen la legislación respecto al número total de resultados (nº resultados cumplen legislación/nº resultados totales). 9.1. Porcentaje de análisis de muestras compuestas sobre análisis totales (%). 9.2. Porcentaje de análisis de muestras puntuales sobre análisis totales (%). 9.3. Frecuencia de análisis (nº análisis/año). 9.4. Frecuencia de análisis obligada por la legislación portuguesa (nº análisis/año). 9.5. Porcentaje de análisis realizados obligados por ley (%).

En la Tabla 27 se muestran los resultados obtenidos de algunas de las EDARs del Concelho de Odemira, puesto que no en todas las EDARs se habían realizado análisis, solo en determinadas EDARs: **S.Luis**, **Vale Ferro** y **Pereiras**. Concretamente se muestran los indicadores de calidad de las aguas según la legislación que hay en vigor y el porcentaje de análisis realizados obligados por ley (Directiva 91/271/CEE, cuya adaptación portuguesa se traduce en el *Decreto-Lei n.º152/97 do 19 de Junho*).

Tabla 27. Calidad e las aguas residuales según legislación en vigor del efluente de las EDARs estudiadas.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Calidad de las aguas según legislación en vigor (nºresultados que cumplen la legislación/nºresultados totales)</i>	<i>Calidad de las aguas según legislación en vigor (%)</i>	<i>Porcentaje de análisis realizados obligados por ley (%)</i>
Odemira	S. Luís	0,23	23	5
	Vale Ferro	0,53	53	4
	Pereiras	0,25	25	2

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Como se puede observar, ninguna de las EDARs a las que se realizaron análisis, obtenidos de informes de la Cámara Municipal de Odemira cumplen los criterios de calidad del agua, solo la EDAR de *Vale Ferro* con un sistema de tratamiento no convencional de lagunaje es la que en su muestreo la mitad de los análisis cumplen la legislación. A la vez, no se realizan en ninguna de las EDARs los análisis realizados obligados por ley. El hecho de no haber recibido suficiente información hace pensar que las plantas no deben tener la eficiencia esperada. De las que se obtuvo información algunos problemas en cuanto a los equipos electromecánicos puede ser la razón de un funcionamiento no adecuado que se refleja en los resultados de los análisis.

10. Volumen de grandes sólidos, arenas y grasas eliminado en la EDAR por habitante y por año (l/hab.año).

A continuación se muestra en la Tabla 28 los resultados obtenidos de la aplicación del indicador. Debido a que la información se consiguió solo de las EDARs que fueron visitadas, puesto que la información se obtuvo a partir de los operadores que trabajaban en ellas; se tienen datos solamente de las EDARs del Concelho de Odemira.

Tabla 28. Volumen de grandes sólidos, arenas y grasas generadas en la EDAR por habitante y por año.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Volumen de grandes sólidos, arenas y grasas eliminado en la EDAR (l/hab.año)</i>
Odemira	S, Luís	3,5
	Vale Ferro	13,1
	Luzianes	No hay datos
	Pereiras	No se contabilizó
	Bicos - red A	0,6
	Bicos - red B	0,9
	Fataca	26,0
	Malavado	37,1

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

El volumen de grandes sólidos, arenas y grasas eliminados en la EDAR son mayores en sistemas no convencionales que en sistemas convencionales. La gran discrepancia de datos se debe a que en las plantas convencionales los dispositivos son más eficientes, mientras que en los no convencionales son más rudimentarios. Además, el volumen depende básicamente del afluente, no del sistema de tratamiento utilizado.

11. Volumen de fango producido por habitante y por año (m³/hab.año).

11.1. Porcentaje de volumen de fangos destinados a la agricultura y recuperación de suelos sobre el volumen de fango total producido (%). **11.2.** Porcentaje de volumen de fangos destinados a parques, jardines urbanos y campos de golf sobre el volumen de fango total producido (%). **11.3.** Porcentaje de volumen de fangos destinados a vertedero sobre el volumen de fango total producido (%). **11.4.** Porcentaje de volumen de fangos con otras finalidades sobre el volumen de fango total producido (%).

En la Tabla 29 se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del indicador de volumen de fango producido.

Tabla 29. Fangos generados por habitante y por año.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Fango producidos por habitante y por año (m³/hab.año)</i>
Odemira	S, Luís	---
	Vale Ferro	0,01
	Luzianes	0,17
	Pereiras	0,27
	Bicos - red A	0,15
	Bicos - red B	0,15
	Fataca	0,24
	Malavado	0,24
Penamacor	Meimão	0,23
Sabugal	Amiais	0,09
Fundão	Barroca	0,29
	Silvares	---
Viseu	Galifonge	0,09
	Lustosa	0,09
	Ribafeita	0,09

Los guiones en algunos resultados significan que no se consiguió estimar el valor de los fangos producidos en dicha EDAR.

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

En el caso concreto de las EDARs con tratamiento convencional, de **S. Luis** y **Silvares** en los Concelhos de Odemira y de Fundão respectivamente, no se pudo estimar el volumen de fangos generados al no existir un tratamiento primario en ambos casos y no tener acceso a la información del operario en el segundo caso, puesto que esta EDAR tiene también un decantador secundario y un conjunto de eras de secado.

En las EDARs con tratamiento convencional como son las de **Pereiras**, **Bicos-Red A** y **Bicos-Red B** todas situadas en el Concelho de Odemira, sólo se calculó el fango obtenido del tratamiento primario. En la EDAR con tratamiento convencional de filtro percolador con decantador secundario solo se estimó el volumen de fangos generados a partir del tratamiento primario al suponer una recirculación parcial de los fangos del decantador secundario hacia la fosa séptica.

Además en el caso concreto de las EDARs de **Galifonge**, **Lustosa** y **Ribafeita** del Concelho de Viseu se intentó calcular en base al proyecto obteniéndose valores del orden de 0.004 m³/hab.año, siendo consultados después a los ingenieros autores del proyecto y aconsejando éstos un mismo valor para las tres de 0.09 m³/hab.año, tal como se puede observar en la Tabla 29.

Puede considerarse por tanto que estos valores obtenidos del indicador son poco representativos, al tener acceso a poca información de exploración y ser los valores citados por los operarios de las EDARs poco exactos. Así mismo el cálculo de fangos en el resto de EDARs supone hipótesis que no tienen porque coincidir con los valores obtenidos de la consulta a los operadores. A pesar de todo, se procedió al cálculo, a modo de ejercicio.

12. Porcentaje de reutilización de las aguas residuales tratadas respecto al volumen total de aguas residuales a tratar (%). 12.1. Porcentaje de aguas residuales destinado a riego (%). 12.2. Porcentaje de aguas residuales destinado a la recarga de acuíferos (%). 12.3. Porcentaje de aguas residuales destinado a limpieza y fines industriales (%). 12.4. Porcentaje de aguas residuales con otras finalidades (%).

El porcentaje de reutilización de las aguas residuales es nulo en todas las EDAR estudiadas.

13. Volumen de gases producidos en el tratamiento de las aguas residuales que intervienen en el efecto invernadero por habitante y por año ($m^3/hab.año$). 13.1. Porcentajes de distintos gases producidos en el tratamiento de las aguas residuales respecto al gas total producido: CO_2 , H_2S , CH_4 , N_2 , NO_2 , NO (%).

El volumen de gases producidos en el tratamiento no fue estimado.

14. Biodiversidad de fauna ($n.º$ de especies de fauna distintas/ m^2). 15. Biodiversidad de flora ($n.º$ de especies de flora distintas/ m^2).

La biodiversidad de fauna y flora no fue estimada.

5.2.2 Indicadores económicos

1. Coste de construcción civil de la EDAR por habitante (€/hab). 1.1. Coste de limpieza y regularización del terreno. 1.2. Coste de las tuberías para unir procesos unitarios y accesorios por habitante (€/hab). 1.3. Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento primario por habitante (€/hab). 1.4. Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento secundario por habitante (€/hab). 1.5. Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento terciario o de desinfección por habitante (€/hab). 1.6. Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento y de deshidratación de fangos por habitante (€/hab). 1.7. Coste del edificio de explotación (€/hab). 1.8. Coste del camino de acceso y exteriores por habitante (€/hab).

En la

Tabla 30 se muestran los valores obtenidos de proyecto del indicador de coste de construcción civil por habitante de las EDARs estudiadas. Además se desglosa este indicador en varios: limpieza y regularización; accesorios y ligaciones; procesos de tratamiento primario, secundario, terciario, de fangos; edificio de explotación y exteriores. De este modo se presentan los resultados de todos los indicadores de forma conjunta.

Tabla 30. Coste de construcción civil de a EDAR por habitante. Este indicador está además desglosado en varios indicadores: limpieza y regularización; accesorios y ligaciones; de los procesos de tratamiento primario, secundario, terciario, de fangos; edificio de exploración y exteriores.

Concelho	EDAR	Coste de construcción civil de la EDAR por habitante (€/hab)	Coste de cada uno de los elementos de la EDAR							
			Limpieza y regularización (€/hab)	Accesorios y ligaciones (€/hab)	Primario (€/hab)	Secundario (€/hab)	Terciario (€/hab)	Fangos (€/hab)	Edificio de exploración (€/hab)	Exteriores (m3/hab)
Odemira	S, Luís	80	1	11	0	40	0	14	9	6
	Vale									
	Ferro	567	23	381	12	131	0	5	0	37
	Luzianes	383	0	33	85	173	0	0	48	44
	Pereiras	158	1	4	83	47	0	0	0	23
	Bicos - red A	170	14	6	56	59	0	0	0	35
	Bicos - red B	177	9	11	72	83	0	0	0	85
	Fataca	231	15	28	63	87	0	0	0	39
	Malavado	199	12	27	44	86	0	0	0	30
Penamacor	Meimão	387	7	63	66	216	3	0	14	19
Sabugal	Amiais	417	8	68	45	230	0	24	11	30
Fundão	Barroca	398	11	82	104	149	4	0	15	33
	Silvares	182	3	36	0	66	1	47	16	13
Viseu	Galifonge	280	13	45	47	115	0	24	24	12
	Lustosa	245	15	38	38	106	0	21	16	12
	Ribafeita	201	11	29	37	83	0	20	16	6

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

A partir de los resultados de la

Tabla 30, puede observarse que en general los costes de construcción civil por habitante son menores en los sistemas convencionales que en los sistemas no convencionales.

En cuanto a cada uno de los resultados que forman parte de los costes de construcción civil por habitante, pueden hacerse varias observaciones.

Los costes asociados a la limpieza y regularización son variables para cualquier tipo de sistema de tratamiento, hecho razonable.

Los costes asociados a los accesorios y las conducciones son menores en los sistemas convencionales que en los sistemas no convencionales.

Los costes asociados a los procesos de tratamiento primario son mayores en los sistemas convencionales que en los sistemas no convencionales.

Los costes asociados a los tratamientos secundarios son menores en los sistemas convencionales que en los sistemas no convencionales, y pueden ser debidos al encarecimiento del material de recubrimiento de lagunas y humedales, uno de los factores importantes.

Los costes asociados a los procesos de tratamiento terciario no son representativos al ser pocas las EDARs con este grado de tratamiento.

Los costes de fangos son variables porque pocas EDARs tienen este tipo de tratamiento, aunque generalmente son mayores en los sistemas convencionales que en los sistemas no convencionales.

Los costes asociados al edificio de explotación son del mismo orden para todo tipo de sistemas aun cuando existe un sistema no convencional con un coste muy elevado, en cuanto a los exteriores los valores son del mismo rango para cualquier tipo de sistema

de tratamiento; siendo estos últimos costes poco representativos en relación al coste del tratamiento en sí.

2. Coste del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas por habitante (€/hab). **2.1.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas de las instalaciones de tratamiento primario por habitante (€/hab). **2.2.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas del tratamiento secundario por habitante (€/hab). **2.3.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas del tratamiento terciario o desinfección por habitante (€/hab). **2.4.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas del tratamiento y deshidratación de fangos por habitante (€/hab). **2.5.** Coste de las instalaciones eléctricas (€/hab).

La Tabla 31 contiene los resultados obtenidos del indicador global del coste del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas por habitante. El resto de resultados del indicador no se detallan en esta tabla debido a no poderse obtener ninguna conclusión relevante, dejando para curiosidad del lector la consulta en el Anejo B.

Tabla 31. Coste del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas por habitante de la EDAR.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas de la EDAR por habitante (€/hab)</i>
Odemira	S, Luís	30
	Vale	
	Ferro	0
	Luzianes	8
	Pereiras	0
	Bicos - red A	0
	Bicos - red B	0
	Fataca	8
	Malavado	8
	Penamacor	Meimão
Sabugal	Amiais	27
Fundão	Barroca	113
	Silvares	49
Viseu	Galifonge	22
	Lustosa	15
	Ribafeita	14

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Puede observarse que los sistemas convencionales tienen un mayor coste asociado al equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas que los sistemas no convencionales, hecho que corrobora que al ser los sistemas no convencionales aquellos que necesitan menor consumo energético no requieren de tanto equipamiento electromecánico como los convencionales.

3. Coste del terreno ocupado por habitante (€/hab).

En la Tabla 32 se muestran los resultados de la aplicación del indicador coste de terreno ocupado por habitante de las estaciones de tratamiento del Concelho de Odemira, único Concelho donde se pudo aplicar éste.

Tabla 32. Coste del terreno ocupado por habitante de la EDAR.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Coste del terreno ocupado por la EDAR por habitante (€/hab)</i>
Odemira	S, Luís	21
	Vale Ferro	22
	Luzianes	76
	Pereiras	6
	Bicos - red A	3
	Bicos - red B	4
	Fataca	12
	Malavado	10

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Puede observarse de los resultados de la Tabla 32 que el coste de adquisición del terreno para los sistemas convencionales es menor que para los sistemas no convencionales, al necesitar este último tipo de sistemas mayor área de implementación, considerando un mismo valor del terreno (2,5 €/m²) tal como se citó en el capítulo anterior.

4. Coste de inversión inicial por habitante (€/hab).

La Tabla 33 recoge los resultados obtenidos del indicador de coste de inversión inicial por habitante y por año. La aplicación de este indicador se da solo al conjunto de las EDARs estudiadas del Concelho de Odemira, únicas EDARs a las que se pudo acceder a esta información.

Tabla 33. Coste de inversión inicial por habitante de la EDAR.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Coste de inversión inicial de la EDAR por habitante (€/hab)</i>
Odemira	S, Luís	131
	Vale Ferro	591
	Luzianes	468
	Pereiras	164
	Bicos - red A	173
	Bicos - red B	180
	Fataca	252
	Malavado	217

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

De los resultados anteriores puede observarse que el coste de inversión inicial de los sistemas convencionales es menor que el de los sistemas no convencionales, todo y ser el coste de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas superior en los

sistemas convencionales. Puede ocurrir entonces con el coste de inversión inicial que existan tres sistemas de filtros percoladores con un coste muy bajo en construcción civil y además sistemas no convencionales con un coste alto en construcción civil.

5. Coste de explotación y mantenimiento por habitante y por año (€/hab.año). **5.1. Coste de explotación por habitante y por año (€/hab.año).** **5.2. Coste de mantenimiento por habitante y por año (€/hab.año).**

En la Tabla 34 se muestran los resultados obtenidos del indicador de coste de operación y mantenimiento por habitante y por año.

Tabla 34. Costes de operación y mantenimiento por habitante y por año de las EDARs objeto de estudio.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Coste de explotación y mantenimiento (€/hab.año)</i>	<i>Coste de explotación (€/hab.año)</i>	<i>Coste de mantenimiento (€/hab.año)</i>
Odemira	S, Luís	19	13	6
	Vale Ferro	29	7	23
	Luzianes	53	37	16
	Pereiras	25	18	6
	Bicos - red A	52	46	7
	Bicos - red B	50	43	7
	Fataca	56	46	10
	Malavado	35	26	9

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

A partir de los resultados anteriores puede observarse que los costes medios de explotación son casi iguales en ambos tipos de sistemas aunque un poco mayores en los sistemas convencionales; mientras que los costes de mantenimiento de los sistemas convencionales son menores siendo entonces la suma de los costes de explotación y mantenimiento parecidos en ambos tipos de sistemas, encontrándose sin embargo algún valor menor en los sistemas convencionales. Este resultado es bastante sorprendente puesto que generalmente el coste de explotación y mantenimiento es más alto en sistemas convencionales que en sistemas no convencionales. Puede deberse a la poca eficacia en la operación y mantenimiento en los sistemas de tratamiento convencionales.

5.2.3 Indicadores socio-culturales

1. Olores (olor/m³aire).

El indicador de olor producido en la EDAR y dispersado a los alrededores de ésta fue calculado.

2. Ruido (dB). 2.1. Porcentaje de periodo de tiempo que no cumple la legislación en calidad de contaminación acústica respecto al tiempo total en que funciona la EDAR (%).

El indicador de ruido producido en la EDAR tampoco fue calculado.

3. Calidad del servicio (buena, media, mala). **3.1.** Porcentaje de población residente servida respecto al total de población residente (%). **3.2.** Densidad de población en términos de habitantes por área (hab/km²). **3.3.** Porcentaje de aguas residuales tratadas en la EDAR sobre las aguas residuales recibidas en la EDAR. **3.4.** Número de interrupciones del servicio por año (n.º interrupciones/año). **3.5.** Número de reclamaciones por habitante y por año (n.º reclamaciones/hab.año). **3.6.** Número de planes de emergencia por EDAR (n.º reclamaciones/EDAR). **3.7.** Número de accidentes de trabajo por año (n.º accidentes/año).

El indicador de calidad del servicio no fue calculado como tal. Simplemente se pudo acceder a la información de uno de los elementos que conforman en su globalidad la calidad. Éste es el de densidad de población en términos de habitantes por kilómetro cuadrado. En la Tabla 35 se encuentra la densidad de población servida, sin poder obtener conclusiones al no depender la calidad de servicio de un sistema de tratamiento únicamente de la densidad de población.

Tabla 35. Densidad de población servida de cada Concelho. Fuente: INE, 2001.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Densidad de población (hab/km²)</i>
Odemira	S, Luís	15,3
	Vale Ferro	9,2
	Luzianes	4,9
	Pereiras	6,0
	Bicos - red A	12,9
	Bicos - red B	12,9
	Fataca	16,3
	Malavado	16,3
Penamacor	Meimão	8,6
Sabugal	Amiais	29,9
Fundão	Barroca	27,4
	Silvares	54,5
Viseu	Galifonge	84,4
	Lustosa	80,6
	Ribafeita	80,6

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales.
En color blanco se indican los sistemas convencionales.

4. Impacto ambiental de la EDAR en términos paisajísticos (alto, medio, bajo). **4.1.** Visibilidad (total, parcial, nula). **4.2.** Paisaje, integración de la EDAR en el entorno (convencional, integrada).

Los resultados de la aplicación del indicador de impacto ambiental en términos paisajísticos se muestran en la Tabla 36.

Tabla 36. Impacto ambiental en términos paisajísticos de las EDARs objeto de estudio. Desglose según visibilidad y paisaje.

<i>Concelho</i>	<i>EDAR</i>	<i>Impacto ambiental (alto, medio, bajo)</i>	<i>Visibilidad (total, parcial, nula)</i>	<i>Paisaje (convencional, integrada)</i>
Odemira	S, Luís	alto	total	convencional
	Vale Ferro	medio	parcial	integrada
	Luzianes	medio	parcial	integrada
	Pereiras	bajo	parcial	integrada
	Bicos - red A	bajo	nula	integrada
	Bicos - red B	bajo	nula	integrada
	Fataca	bajo	nula	integrada
	Malavado	medio	total	integrada

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

De los resultados de la tabla anterior puede observarse que la *visibilidad* de un sistema de tratamiento no depende del tipo de tratamiento, sino de la localización o ubicación de la EDAR. Esto significa que según si la ubicación de ésta se encuentra en medio de una explanada, o en un valle, o en la ladera de una montaña, el impacto visual será distinto. Significa que, por tanto, existen sistemas, independientemente del tipo de tratamiento, que son más visibles que otros. Sin embargo, la *integración* en el paisaje de una EDAR sí que depende del tipo de tratamiento, siendo más integrado en el medio un sistema no convencional frente a un sistema convencional en nuestro ámbito, pequeñas poblaciones rurales.

Finalmente, el impacto ambiental es un indicador conjunto de los dos anteriores, siendo por tanto independiente del sistema de tratamiento. Y es que existen sistemas de humedales construidos con un impacto en términos paisajísticos mayor que sistemas de filtros percoladores.

5. Turbidez del efluente a la salida de la EDAR (NTU, Unidades Nefelométricas de Turbidez).

El indicador de turbidez del efluente no fue calculado.

6. Porcentaje de la población servida que acepta positivamente la implantación y el tipo de tratamiento de la EDAR respecto al total de población servida (%).

El indicador porcentaje de población servida que acepta la implantación de la EDAR no fue calculado.

7. Porcentaje de comportamientos sostenibles de la población servida respecto a los comportamientos totales de la población servida (%).

El indicador de comportamientos sostenibles tampoco fue calculado.

8. Número de habitantes de la población servida que utilizan la EDAR o su entorno (en un radio de hasta 500 metros) como parque recreacional, para actividades de ocio, paseos sobre el total de población servida (%).

El indicador de población que utiliza la EDAR o su entorno lúdicamente no fue calculado.

9. Número de campañas de sensibilización para la población por año (n.º de campañas/año).

El indicador de número de campañas de sensibilización no fue calculado.

10. Número de proyectos de estudiantes que estudian el sistema de tratamiento de la EDAR por año (n.º de proyectos/año).

El indicador de número de estudios o proyectos realizados en la EDAR a modo educativo no fue calculado.

5.3 ESTUDIO DE LOS INDICADORES MÁS REPRESENTATIVOS

De entre todos los indicadores de sostenibilidad aplicados a las EDARs, se han escogido cuatro indicadores representativos de toda la lista para comparar, analizar los resultados y discutir más detenidamente los sistemas de tratamiento convencionales y no convencionales estudiados, mediante gráficos de dispersión y diagramas de barras.

El criterio para la elección de estos cuatro indicadores ha sido el siguiente:

- i. Elegir aquellos de los que se disponga más información, traducida en resultados, una vez aplicados a las distintas EDARs.
- ii. A partir del punto anterior, intentar elegir como mínimo uno de cada ámbito de la sostenibilidad: ambiental, económico y social.
 - i. Dentro del ámbito ambiental se procura seleccionar tres indicadores que representen el consumo de recursos energéticos, con una relevancia importante el del porcentaje de energía consumida por la EDAR a nivel territorial, y dos que representen el consumo de recursos materiales. No se hace el estudio de ningún indicador que represente los residuos generados debido a la falta de información y resultados sobre éstos.
 - ii. Dentro del ámbito económico se estudiaron la inversión inicial y operación y manutención. Debido a la variabilidad de información de la que se dispuso se optó por analizar todos los indicadores, que serán citados a continuación, asociados a este ámbito.
 - iii. Dentro del ámbito social no se hace el estudio de ningún indicador al no haber información representativa.

Por tanto, los indicadores que van a discutirse detenidamente son:

Comparativa de indicadores ambientales

5.3.1 Energía en términos de (1) potencia instalada en la EDAR por habitante (kW/hab), (2) energía consumida en la EDAR por habitante y por año (kWh/hab.año) y (3) porcentaje de energía consumida en la EDAR respecto al consumo total de energía de la población servida (%). (Indicadores ambientales de recursos energéticos)

5.3.2 Área ocupada por habitante (m²/hab). (Indicador ambiental de recursos materiales).

5.3.3 Volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR por habitante (m³/hab), a la vez que se estudia (1) el porcentaje de hormigón empleado en las distintas etapas del tratamiento como tratamiento primario, secundario, terciario y deshidratación de fangos; edificio de exploración y exteriores y accesos; todos ellos en porcentaje (%). (Indicador ambiental de recursos materiales).

Comparativa de indicadores económicos

5.3.4 Coste en términos de (4.1) construcción civil por habitante y de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas de la EDAR por habitante (€/hab). Así mismo (4.2) el coste de terreno ocupado por habitante (€/hab), (4.3) el coste de inversión inicial por habitante (€/hab) y (4.5) el coste de operación y manutención por habitante y por año (€/hab.año) (haciendo mención al coste de energía por habitante y por año (€/hab.año), elemento que forma parte del coste de operación). (Indicadores económicos).

COMPARATIVA DE INDICADORES AMBIENTALES

5.3.1 Comparativa energía consumida por la EDAR-población proyecto

La energía que requiere un sistema para su funcionamiento y la energía que consume realmente son dos indicadores importantes, ya que el primero determina el conjunto de elementos energéticos y materiales que necesitará un tratamiento a nivel de diseño y porque el segundo determina la cantidad que realmente consume energéticamente. Un tercer indicador igual de importante es el de la cantidad de energía que consume una EDAR en relación con el consumo de energía que se da a nivel territorial de Concelho.

Un tratamiento que precise de poca energía, o bien que ésta provenga de una fuente renovable, será uno de los indicadores decisivos como instrumento de apoyo a la hora de elegir que tipo de tratamiento se debe implementar. Se comparará la energía que requiere un sistema mediante la potencia instalada por habitante, la energía que consume realmente por habitante y por año y el porcentaje de energía consumida por la EDAR.

5.3.1.1 Comparativa potencia instalada en la EDAR-población proyecto

A continuación va a compararse la potencia instalada por habitante que incluye la potencia requerida por el tratamiento así como la iluminación interior y exterior.

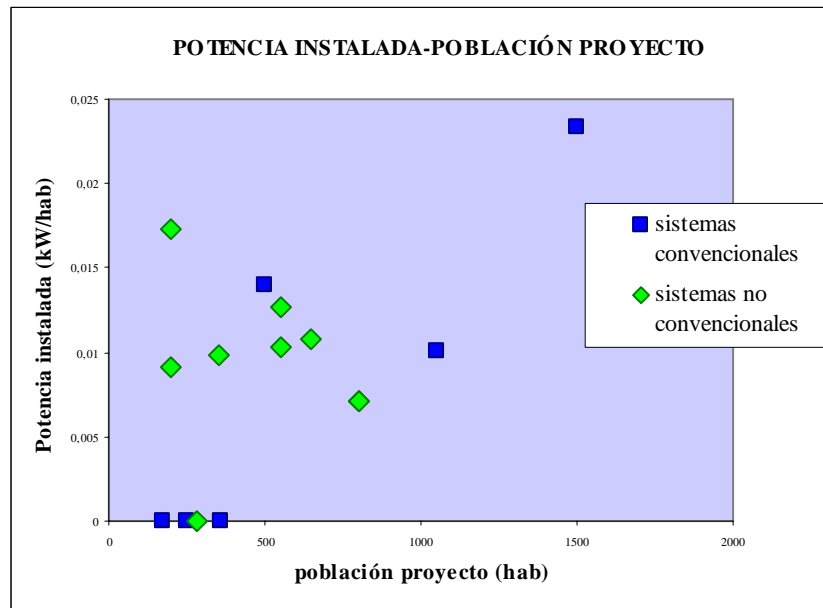


Figura 23. Potencia instalada por habitante en la EDAR.

Del análisis anterior se pueden obtener los siguientes resultados:

- Hay una exigencia de potencia igual o superior en los sistemas convencionales en comparación con los sistemas no convencionales, si no se consideran los tres sistemas de tratamiento convencional de las EDARs de *Pereiras*, *Bicos Red-A* y *Bicos Red-B*, que tienen una potencia instalada nula.
- Hay un mayor número de sistemas convencionales con potencia instalada nula que sistemas no convencionales, hecho que sorprende, puesto que en general ocurre lo contrario: mayor número de sistemas no convencionales con potencia instalada nula que sistemas convencionales. Es poco común que un sistema de tratamiento, sea cualquier tipo de sistema de tratamiento, no tenga potencia instalada, ni para la iluminación de sus instalaciones.
- La potencia instalada en los sistemas no convencionales, sin tener en cuenta los sistemas con potencia instalada nula, tiene una media de 0,011 kW/hab, con valores que varían entre los 0,007 y los 0,017 kW/hab. Y es que la baja potencia instalada que requieren estos sistemas se debe a los desniveles de los terrenos, a la iluminación y algunas veces al tratamiento terciario de canales de desinfección con radiación ultravioleta.
- La potencia instalada en los sistemas convencionales, sin tener en cuenta los sistemas con potencia instalada nula, tiene una media de 0,016 kW/hab, con valores que varían entre 0,010 y 0,023 kW/hab. La mayor potencia instalada se debe no solo a los elementos citados anteriormente en los sistemas no convencionales, sino también al uso de equipamiento electromecánico como aireadores para remover el agua residual en los tanques biológicos característicos de los sistemas de tratamiento convencional.

La potencia instalada en ambos sistemas de tratamiento se divide en la potencia asociada al equipamiento electromecánico y a la asociada a la iluminación tanto interior como exterior. A continuación se presentan respectivamente en la Figura 24 y la Figura 25.

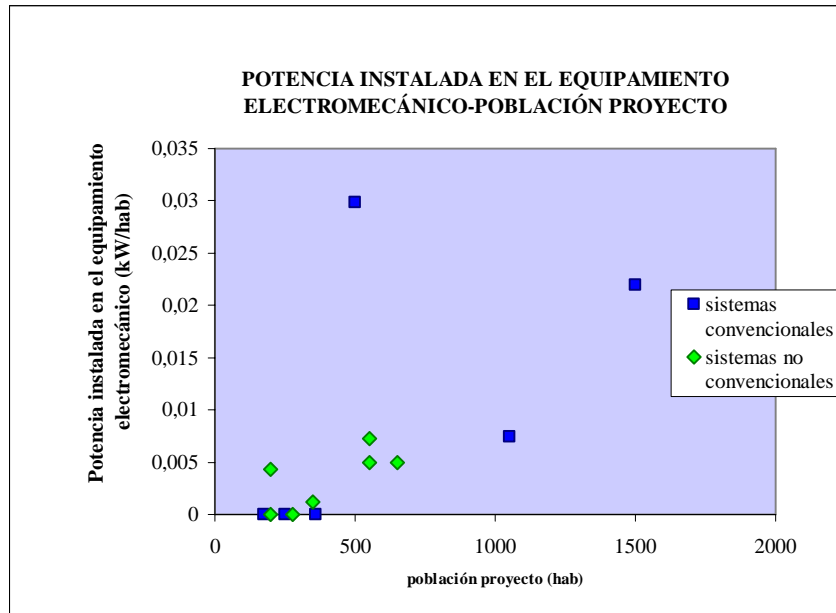


Figura 24. Potencia instalada por habitante en el equipamiento electromecánico.

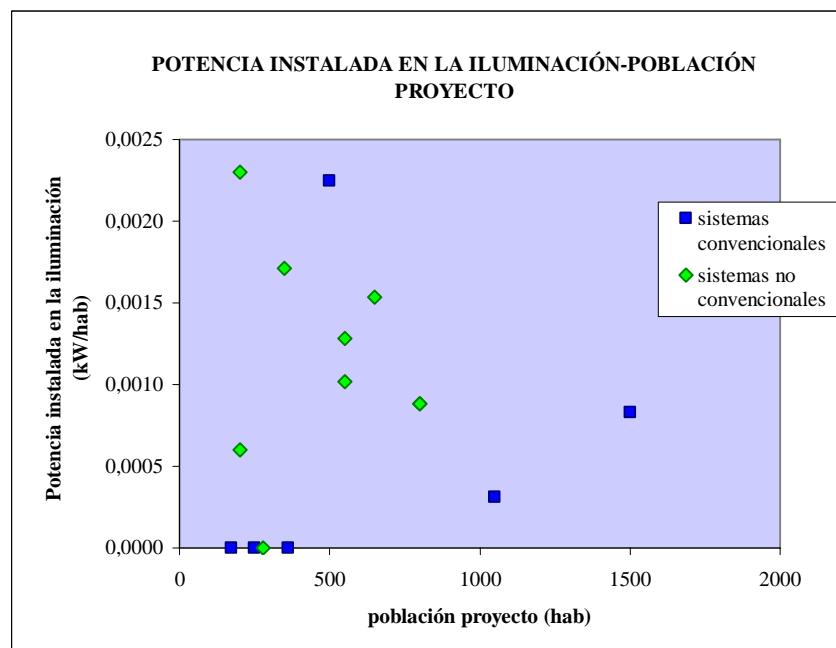


Figura 25. Potencia instalada por habitante en la iluminación.

De la Figura 24 de potencia instalada en el equipamiento electromecánico se pueden obtener los resultados que se presentan a continuación.

- En términos generales, la potencia instalada en el equipamiento electromecánico en los sistemas convencionales es mayor que en los sistemas no convencionales, tal como era de esperar puesto que estos últimos no necesitan tanta energía en este aspecto.
- Hay un sistema de tratamiento no convencional y tres sistemas de tratamiento convencionales que tienen una potencia instalada nula, que fueron citados anteriormente, y que no se consideraron representativos para el análisis anterior de la potencia total instalada en la EDAR. Sin embargo, cuando se habla de la potencia

instalada en un equipamiento electromecánico pueden existir valores nulos porque un tratamiento cualquiera, tanto no convencional como convencional puede no necesitar de ningún tipo de equipamiento electromecánico. De todas formas, es poco habitual que existan valores nulos porque existe normalmente alguna bomba que eleva el agua de un proceso de tratamiento a otro.

- Para los sistemas no convencionales analizados, la potencia instalada en el equipamiento electromecánico tiene un valor medio de 0,003 kW/hab, con valores que varían entre los 0,001 y los 0,007 kw/hab.
- Para los sistemas de tratamiento convencionales analizados, la potencia instalada en el equipamiento electromecánico tiene un valor de 0,020 kW/hab, con valores que varían entre 0,007 y 0,023 kw/hab.

De la Figura 25 de potencia instalada en la iluminación se pueden obtener los siguientes resultados:

- En términos generales, la potencia media instalada en la iluminación en los sistemas no convencionales y en los sistemas convencionales es la misma.
- Hay un sistema de tratamiento no convencional y tres sistemas de tratamiento convencionales que fueron citados anteriormente y que tienen una potencia instalada nula en la iluminación. Éstos no se consideraron representativos para el análisis porque se consideró que todas las EDARs debían tener un mínimo de iluminación en sus instalaciones. Sin embargo, tanto si se consideran como si no se consideran las EDARs con potencias instaladas nulas, los valores no varían.
- Para los sistemas no convencionales y convencionales analizados, la potencia instalada en la iluminación tiene un valor medio de 0,001 kW/hab, con valores que varían entre los 0,001 y los 0,002 kW/hab.

Finalmente, se puede resumir en la Tabla 37 los promedios de potencia instalada para ambos tipos de tratamiento.

Tabla 37. Resumen de los promedios de potencia instalada-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Potencia media instalada (kW/hab)</i>	<i>Potencia instalada.</i>		<i>Consumo medio iluminación (kW/hab)</i>	<i>Consumo medio equipamiento electromecánico (kW/hab)</i>
		<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>		
Convencional	0,016	0,010-0,023		0,001	0,020
No convencional	0,011	0,007-0,017		0,001	0,003

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales

5.3.1.2 Comparativa energía consumida por la EDAR-población proyecto

En general los sistemas convencionales consumen más energía para su funcionamiento que los sistemas no convencionales, puesto que los primeros suelen tener equipamientos electromecánicos como aireadores o bombas; mientras que los sistemas convencionales no requieren de éstos.

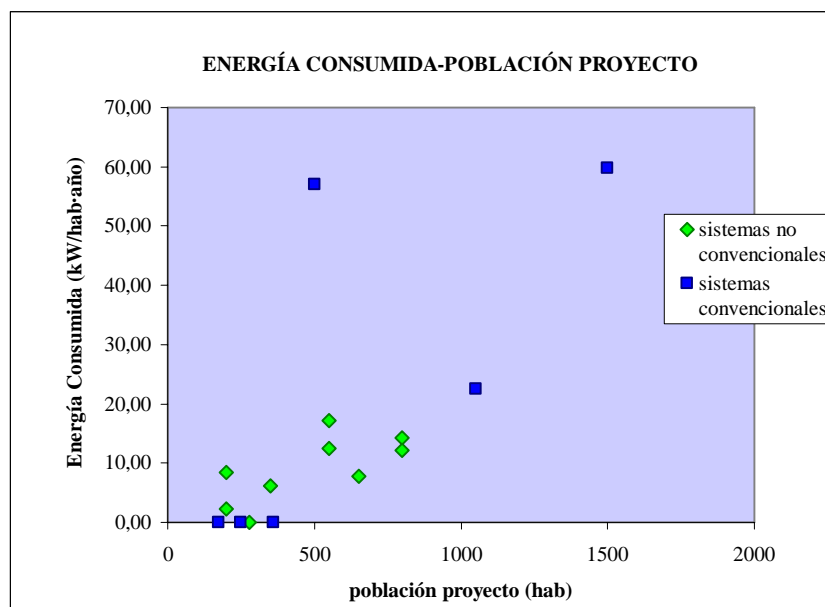


Figura 26. Comparativa energía consumida por habitante y por año en la EDAR.

Se pueden extraer los resultados a partir de la Figura 26 y que son los siguientes:

- La dispersión de valores de energía consumida en el caso de los sistemas convencionales significa que existe una gran variabilidad en cuanto al consumo de energía en este tipo de tratamientos. La agrupación significa que este tipo de tratamiento tiene un consumo de energía parecido.
- En general, cuánta mayor población se debe servir, la energía que necesita la EDAR es mayor para cualquier tipo de sistema de tratamiento.
- Los sistemas no convencionales tienen en general menor consumo que los sistemas convencionales, tal como era de esperar, para todo tipo de poblaciones.
- Hay tres sistemas convencionales que todavía tienen menor consumo de energía que muchos sistemas no convencionales, que son los tres sistemas de tratamiento con filtro percolador de baja carga, y un sistema no convencional de lagunaje. Esto implica que pueden construirse sistemas convencionales de este tipo sin ningún aporte extra de energía y que en este aspecto energético tienen mucha similitud con los sistemas no convencionales.
- Los sistemas no convencionales tienen un consumo medio de energía de 9,0 kWh/hab.año. Los valores de energía consumida varían entre 0 y 17,3 kWh/hab.año; aun cuando no es común un valor nulo de energía en un sistema de este tipo, puesto que la propia iluminación de la EDAR ya tiene un consumo energético, por lo que se consideró oportuno no considerar las EDARs con consumo nulo y considerar que el consumo energético tiene una media de 10,1 kW/hab.año con valores que varían entre 2,2 y 17,3 kWh/hab.año.
- Los sistemas convencionales tienen un consumo medio de 23,2 kWh/hab.año, teniendo en cuenta todas las EDARs convencionales estudiadas. Los valores de energía consumida varían entre 0 y 59,8 kWh/hab.año; aunque como se comentó en un punto anterior, no es común un valor nulo en un sistema convencional, por lo que se puede considerar que la energía consumida tiene un valor medio de 46,5 kWh/hab.año, con valores que varían entre los 22,6 y 59,8 kWh/hab.año.

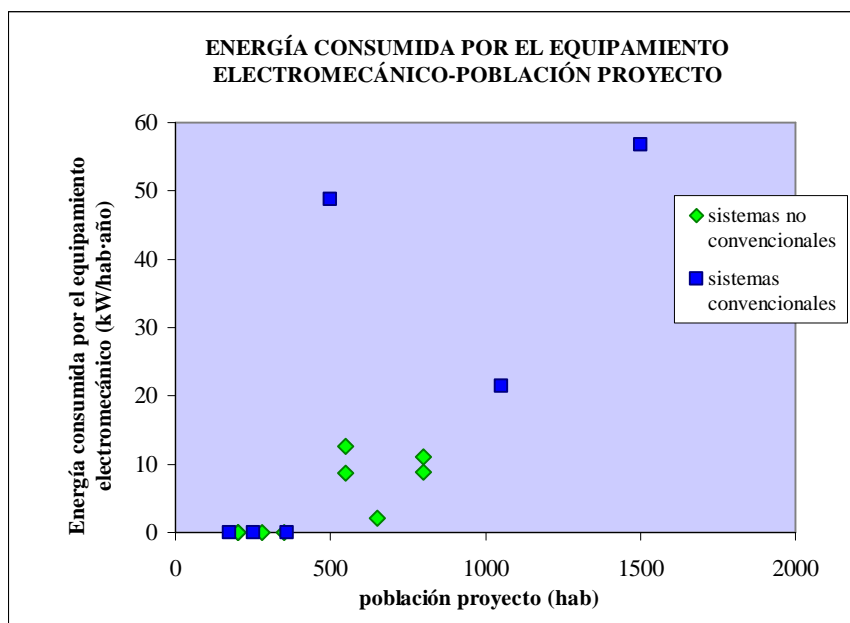


Figura 27. Energía consumida por habitante y por año por el equipamiento electromecánico de cada EDAR.

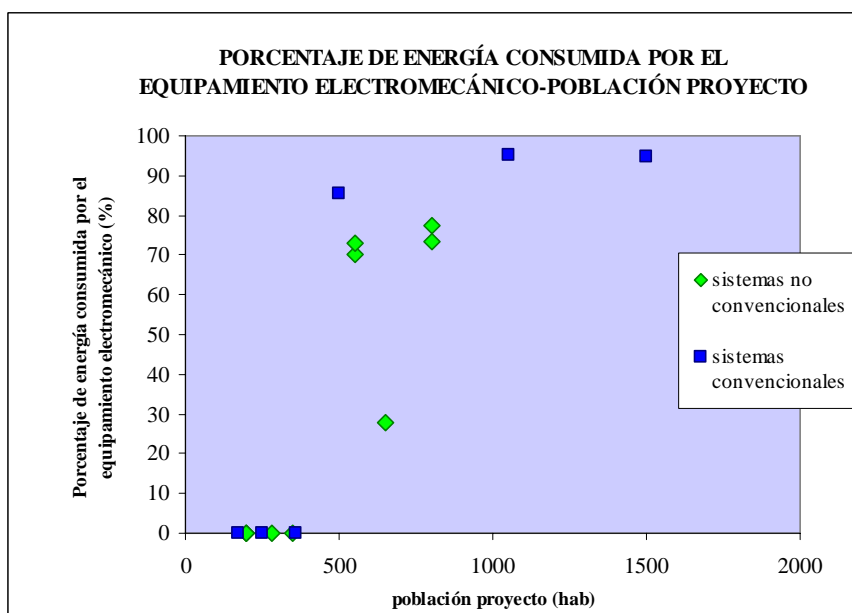


Figura 28. Porcentaje de energía consumida por el equipamiento electromecánico.

En la Figura 28 se puede observar el porcentaje de energía consumida por el equipamiento electromecánico respecto a la energía total consumida por la EDAR. En la Figura 29 se puede observar el porcentaje de energía que se destina a la iluminación y al equipamiento electromecánico en forma de diagrama de barras en los sistemas convencionales y no convencionales.

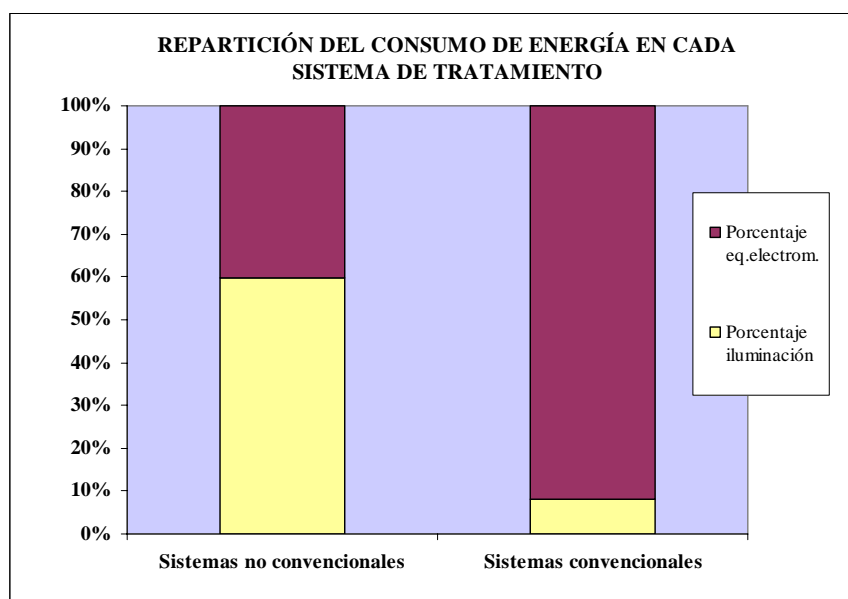


Figura 29. Porcentaje de energía consumida por el equipamiento electromecánico y la iluminación en los distintos tipos de sistemas de tratamiento.

Los resultados que pueden obtenerse a partir de las tres figuras anteriores son:

- Los sistemas convencionales son los sistemas que consumen más energía en el equipamiento electromecánico en comparación con los sistemas no convencionales.
- Los sistemas no convencionales tienen un consumo medio de energía en el equipamiento electromecánico de 5,4 kWh/hab.año, con valores que varían entre el 2,1 y 12,6 kWh/hab.año, siendo un 40% el porcentaje de energía consumida por éste respecto al consumo total de energía en la EDAR.
- Los sistemas convencionales tienen un consumo medio de energía en el equipamiento electromecánico de 42,3 kWh/hab.año, con valores que varían entre el 21,4 y 56,7 kWh/hab.año, siendo un 92% el porcentaje de energía consumida por éste respecto al consumo total de energía en la EDAR.
- La mayoría del consumo de energía de los sistemas no convencionales se debe a la iluminación tanto interior como exterior mientras que la mitad aproximada del consumo de energía de los sistemas convencionales se debe a la iluminación tanto interior como exterior.

Tabla 38. Resumen de los promedios de energía consumida-población.

Tratamiento	Energía media consumida (kWh/hab-año)	Mínimo-Máximo (kWh/hab-año)	Consumo iluminación (%)	Consumo equipamiento electromecánico (%)
Convencional	46,5	22,6-59,8	8	92
No convencional	10,1	2,2-17,3	60	40

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

5.3.1.3 Comparativa porcentaje de energía consumida por la EDAR respecto el consumo de la población-población proyecto

La Figura 30 representa el porcentaje de energía consumida por la EDAR respecto la energía que consume la población del Concelho, teniendo un paralelismo con el gráfico de la energía consumida por la EDAR del apartado anterior.

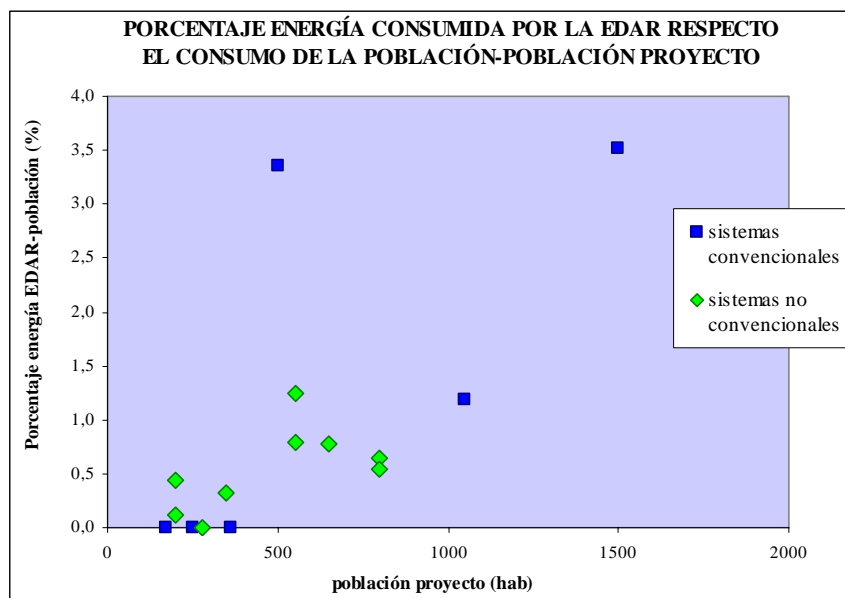


Figura 30. Energía consumida por habitante y por año

Los resultados que pueden obtenerse a partir de la Figura 30 son:

- En general y para cualquier tipo de sistema de tratamiento, cuanto mayor población se debe servir, mayor es el porcentaje de energía que consume la EDAR territorialmente. Sin embargo, los sistemas no convencionales tienen en general menor porcentaje que los sistemas convencionales, tal como era de esperar, para todo tipo de poblaciones.
- Hay tres sistemas convencionales que todavía tienen menor porcentaje de consumo que sistemas no convencionales, filtros percoladores de baja carga, y en este aspecto tienen mucha similitud con los sistemas no convencionales.
- El porcentaje de consumo es el cociente entre la energía que consume la EDAR por habitante y por año y la energía que consume un habitante por año. El consumo de energía medio de un sistema convencional es de 46,5 kWh/hab·año, mientras que de un sistema no convencional es del orden de los 10,1 kWh/hab·año. El consumo medio de un habitante en los Concelhos estudiados oscila entre los 1000 y los 2200 kWh/año. Luego el porcentaje siempre va a ser un valor muy pequeño y que oscila en el conjunto de los sistemas no convencionales el porcentaje entre el 0% y el 1,2%; ahora bien, se considera que los valores varían entre el 0,1% y el 1,2% al resultar poco común un consumo nulo en estos sistemas de tratamiento. En cuanto al conjunto de sistemas convencionales el porcentaje varía entre el 0% y el 3,5%; aunque también se considera que los valores varían entre el 1,2% y el 3,5%. Por tanto, es mayor el porcentaje en el segundo tipo de sistema de tratamiento, tal como era de esperar.
- Los sistemas no convencionales tienen un porcentaje medio de consumo de energía del 0,6% teniendo en cuenta todas las EDARs no convencionales estudiadas con consumo no nulo de energía.

- Los sistemas convencionales en cambio, aun cuando son bastante dispersos sus datos de energía, tienen un porcentaje medio de 2,7% teniendo en cuenta todas las EDARs convencionales estudiadas con consumo no nulo de energía.
- Se constata que el porcentaje en general es siempre inferior al 3,5%, con valores muy bajos, por lo que se puede asegurar que la cantidad de energía que consume una EDAR es muy baja respecto al consumo de la población. Por tanto territorialmente puede considerarse una EDAR un elemento de bajo consumo, por no decir casi nulo.

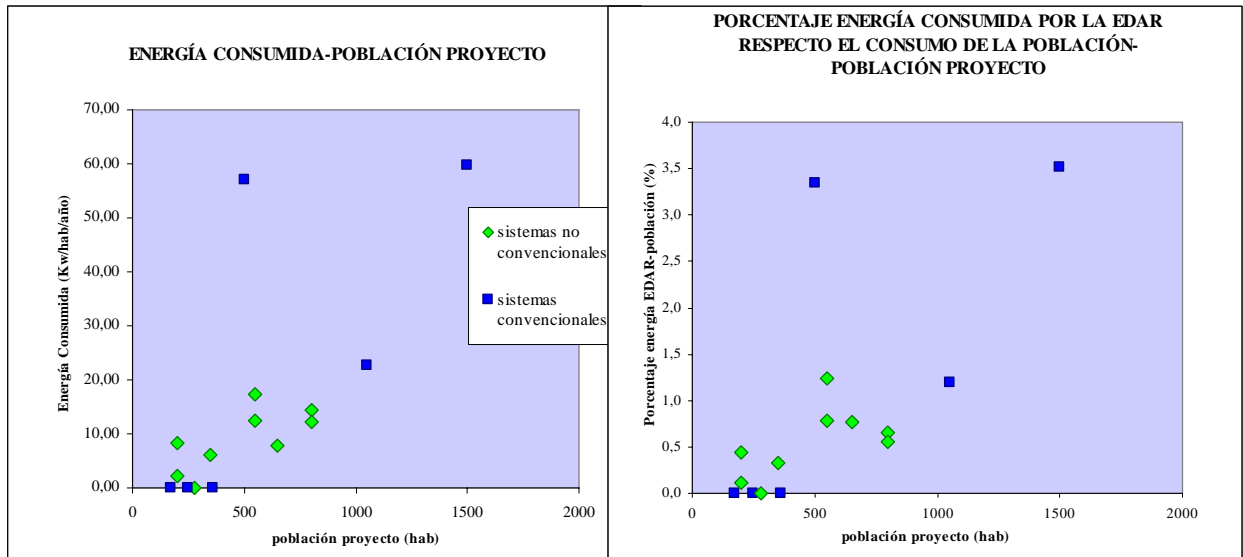


Figura 31. Relación energía consumida-porcentaje energía consumida

A partir de la Figura 31, se pueden obtener los siguientes resultados:

- Hay un sistema de tratamiento convencional que tiene un consumo de energía que se sitúa en la media, aproximadamente. Ahora bien, cuando se calcula el porcentaje de energía que consume la EDAR respecto al consumo de energía de la población a la que sirve, el porcentaje es de los más altos. Esto significa que puede parecer que una EDAR consuma poca energía en valor absoluto, pero comparado con la energía que consume la población, es decir, en comparación con la energía que consume el territorio, ésta puede considerarse como una EDAR con un gran consumo de energía dentro del territorio.
- Hay también dos sistemas de tratamiento no convencionales que son los que consumen más energía por habitante y por año dentro de todos los sistemas no convencionales, pero que cuando se compara con la energía que consume el territorio, el porcentaje de consumo de la EDAR respecto el territorio disminuye. Al mismo tiempo hay dos sistemas de tratamiento no convencional a los que les ocurre lo contrario.
- Finalmente, puede concluirse que aunque el consumo de energía de una EDAR por habitante y por año puede orientar en la cantidad de energía que consume, es importante compararla a nivel territorial, y en concreto con la energía que consume la población que es servida en el año horizonte por la EDAR, puesto que la EDAR puede llegar a ser un pequeño porcentaje del consumo territorial aunque el consumo absoluto de la misma sea grande.

5.3.2 Comparativa área ocupada por la EDAR-población proyecto

El área implementada para el tratamiento de aguas residuales implica: un consumo de recursos, puesto que se sitúa o bien en un espacio agrícola o bien ecológico y por tanto requiere de superficie; y al mismo tiempo influye su coste de terreno ocupado sobre los costes de inversión inicial.

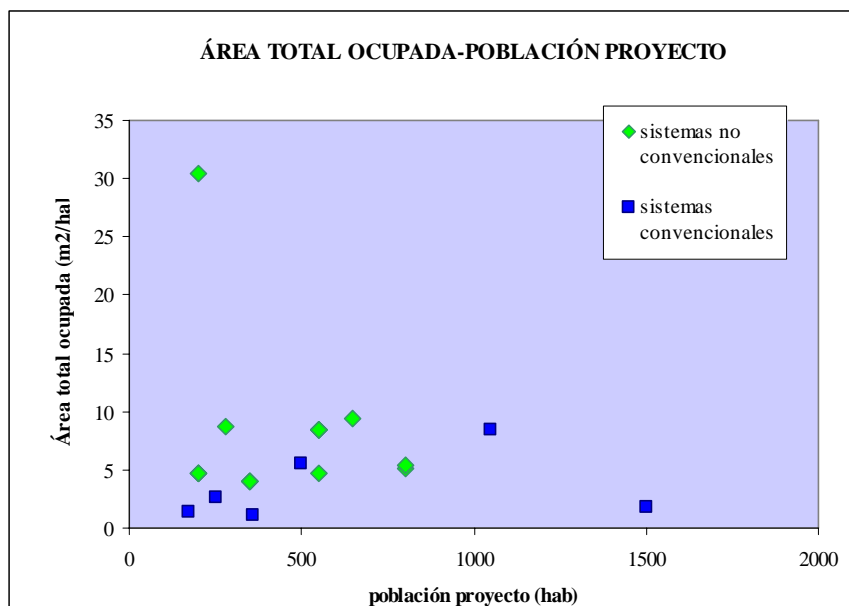


Figura 32. Comparativa área-población de proyecto.

Debido a que en algunas EDARs no se ha podido contabilizar el total de los costes de inversión inicial puesto que no se ha dispuesto de información fiable acerca de los precios de los costes del terreno y el carácter de espacio que tiene, se ha optado por estudiar por un lado y es que se dispone de información fiable, el indicador de área ocupada. Se consideró así puesto que se tiene información del área ocupada de todas las EDARs y en los apartados siguientes se estudian los costes asociados a la adquisición del terreno de solo las EDARs de las que se dispuso de información.

Se puede observar en la Figura 32 después de su análisis que:

- Los sistemas no convencionales necesitan de mayor área para su implementación para poblaciones hasta los 500 habitantes. A partir de este valor y hasta los 2000, el valor del área ocupada por habitante se parece para ambos sistemas.
- Los sistemas convencionales necesitan de forma general de menor área media por habitante que los sistemas no convencionales para un mismo número de población.
- Los sistemas no convencionales tienen una media de 8,9 m²/hab, teniendo en cuenta todas las EDARs no convencionales estudiadas, incluyendo una EDAR no convencional que sube la media considerablemente que tiene 30,4 m²/hab de superficie. Si no se considera ésta, la media desciende hasta los 6,3 m²/hab. Y se puede considerar entonces el intervalo de media de área ocupada de es 6,3 a 8,9 m²/hab para EDARs no convencionales. Además, se constata que el área necesaria por habitante equivalente para la implementación de sistemas no convencionales varía entre 3,9 y 30,4 m²/hab.

- Los sistemas convencionales tienen una media aritmética de 3,5 m²/hab, teniendo en cuenta todas las EDARs convencionales estudiadas. Además, se constata que el área necesaria por habitante equivalente para la implementación de sistemas convencionales varía entre 1,1 y 8,4 m²/hab.
- Concluyendo, en zonas con poca población y rurales, objeto de nuestro estudio, un sistema no convencional puede ser un sistema de tratamiento fácil de implementar puesto que este requiere de mayor área que un sistema convencional y además es donde hay mayor disponibilidad de área. Así en zonas con mucha población y urbanas, donde no hay tanta disponibilidad de área, es más fácil implementar un sistema de tratamiento convencional al necesitar éste de poca área y debido a la falta de espacio.
- Según fuentes consultadas (Gullón, 2004), los valores en sistemas convencionales oscilan entre los 0,1 y 0,5 m², siendo en los sistemas no convencionales entre 3 y 55 m²; por lo que los valores obtenidos en este estudio de los sistemas convencionales son bastante mayores.

A continuación se resumen los resultados anteriores del indicador de área ocupada por habitante en la Tabla 39:

Tabla 39. Resumen de la los promedios área-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del área ocupada (m²/hab)</i>	<i>Mínimo-Máximo (m²/hab)</i>
Convencional	3,5	1,1-8,4
No convencional	8,9	3,9-30,4

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales.
En color blanco se indican los sistemas convencionales.

5.3.3 Comparativa volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR-población proyecto

A continuación van a compararse el volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR por habitante respecto al total de habitantes. Se trata de un indicador ambiental que representa el consumo de recursos materiales.

Éste incluye el hormigón que se utiliza en el tratamiento primario, el secundario, el terciario o desinfección, el de fangos y en los edificios de exploración, en el camino de acceso y en los exteriores. El volumen de hormigón que se emplea en la construcción de la EDAR es un indicador que implica: un consumo de recursos materiales (áridos, cemento y agua); un generador de residuos en su obtención (las plantas cementeras generan una gran cantidad de residuos); e influye en el coste de construcción civil, que juntamente con el coste de equipamiento electromecánico y el coste de terreno ocupado forma parte del coste de inversión inicial.

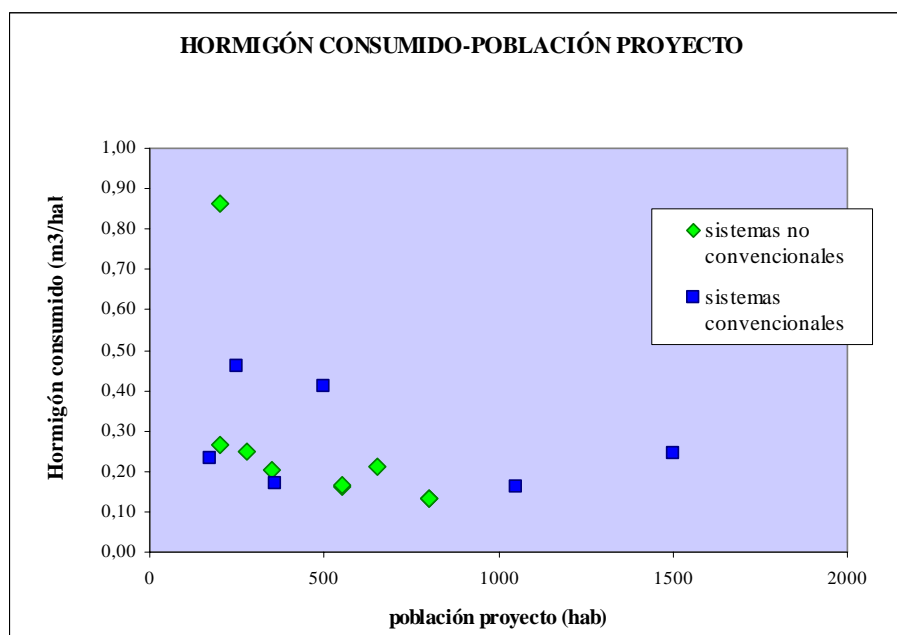


Figura 33. Comparativa hormigón utilizado-población de proyecto.

A partir entonces de la Figura 33, se pueden obtener los siguientes resultados:

- El uso de hormigón en la construcción de la EDAR por habitante disminuye a medida que el número de la población es mayor para todo tipo de sistema de tratamiento aunque en sistemas no convencionales decrece más rápido que en los sistemas convencionales.
- Los sistemas no convencionales tienen una media de hormigón consumido de $0,26 \text{ m}^3/\text{hab}$ teniendo en cuenta todas las EDARs estudiadas. Además, se constata que el hormigón consumido por habitante equivalente varía entre $0,13$ y $0,87 \text{ m}^3/\text{hab}$. Se destaca un caso particular, el de la EDAR de Luzianes situada en el Concelho de Odemira, en el que el consumo de hormigón es mayor del esperado todo y tratándose de un sistema de lagunaje con un valor de $0,87 \text{ m}^3/\text{hab}$ y es que el tratamiento primario consume la mayoría del hormigón en un sistema no convencional.
- Los sistemas convencionales tienen una media de hormigón consumido de $0,28 \text{ m}^3/\text{hab}$ teniendo en cuenta todas las EDARs estudiadas. Además, se constata que el hormigón consumido por habitante equivalente varía entre $0,16$ y $0,46 \text{ m}^3/\text{hab}$.
- Se destacan tres casos particulares, en que la cantidad de hormigón utilizado por habitante es menor de lo esperado, alejándose del padrón esperado para sistemas convencionales. Los sistemas convencionales que se alejan son las dos EDARs de Bicos Red A y Bicos Red B que tienen un sistema de tratamiento biológico de filtros percoladores de baja carga, con valores de $0,17$ y $0,23 \text{ m}^3/\text{hab}$ respectivamente; y la EDAR de S.Luís que tiene un sistema de tratamiento biológico de fangos activados con un valor de $0,16$; todas ellas situadas en el Concelho de Odemira.
- Los sistemas convencionales constan en general de una obra de entrada, un tratamiento primario tipo fosa séptica o tanque Imhoff, y un tratamiento secundario que consta de un tanque o reactor biológico seguido de un decantador o bien consta de un filtro percolador. Los sistemas no convencionales constan en general de una obra de entrada, un tratamiento primario tipo fosa séptica o tanque Imhoff y un tratamiento secundario que consta de un humedal construido o un sistema de

lagunaje. Las cantidades de hormigón utilizadas en sistemas no convencionales son inferiores, en general, a las utilizadas en sistemas convencionales. Esto se debe a que existe mayor uso de hormigón en el tratamiento primario en los sistemas no convencionales mientras que en los convencionales el uso se da en las fases de primario y secundario.

5.3.3.1 Porcentaje de hormigón utilizado en las distintas etapas del tratamiento

Figura 34 representa los porcentajes de hormigón que se utilizan en el tratamiento primario, el secundario, el terciario o desinfección, el de fangos y los edificios de exploración, camino de acceso y exteriores; para ambos tipos de sistemas de tratamiento no convencionales como convencionales.

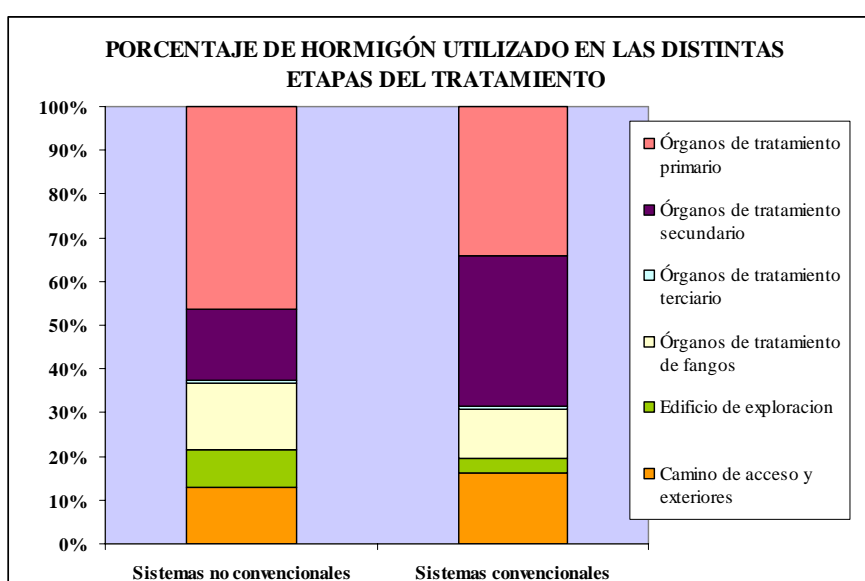


Figura 34. Porcentaje de hormigón utilizado en los distintos elementos que conforman los sistemas de tratamiento, tanto para sistemas no convencionales como convencionales.

Figura 34 se pueden obtener los siguientes resultados:

- El mayor porcentaje de hormigón que se utiliza en el propio tratamiento del agua residual en los sistemas no convencionales es para los órganos de tratamiento primario con un porcentaje del 46,5%, seguido de los órganos de tratamiento secundario con un 16,3% y el de fangos con un 15,3%. Debido al poco porcentaje que representa el tratamiento terciario con un porcentaje del 0,5%, no aparece en el gráfico anterior.
- El mayor porcentaje de hormigón que se utiliza en el propio tratamiento del agua residual en los sistemas convencionales es para los órganos de tratamiento secundario con un porcentaje del 34,5%, con el mismo valor para los órganos de tratamiento primario de 34,2%, seguido de los órganos de tratamiento de fangos con un porcentaje de 11,2%. Al igual que en los sistemas de tratamiento no convencional, el porcentaje que representa el tratamiento terciario es pequeño, siendo del 0,5%.

- En cuanto al hormigón que se utiliza en los elementos que conforman la EDAR pero que no participan del tratamiento en sí, que son el edificio de exploración, y el camino de acceso y exteriores, el porcentaje conjunto en ambos tipos de sistemas es del mismo orden: 21,4 y 19,7% tanto para sistemas no convencionales como para sistemas convencionales. En cambio, en los sistemas no convencionales el porcentaje del edificio de explotación es mayor que en los sistemas convencionales con un porcentaje del 8,5% y del 3,3%; mientras que en los sistemas no convencionales el porcentaje del camino de acceso y exteriores es menor que en los sistemas convencionales con un porcentaje del 12,9% y del 16,4% respectivamente.

Tabla 40. Resumen de los promedios de volumen de hormigón utilizado-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del hormigón utilizado (m³/hab)</i>	<i>Mínimo-Máximo (m³/hab)</i>
Convencional	0,28	0,16-0,46
No convencional	0,26	0,13-0,87

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales.
En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Se ha resumido en la

Tabla 40 el volumen de hormigón que se utiliza en ambos tipos de sistemas de tratamiento.

COMPARATIVA DE INDICADORES ECONÓMICOS

5.3.4 Comparativa coste-población proyecto

A continuación se comparan distintos indicadores acerca de los costes de la EDAR con los siguientes términos: el (4.1) coste de construcción civil y equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas, indicador que se obtuvo en todas las EDARs estudiadas. Se comparan otros tres indicadores económicos, que sólo pudieron ser evaluados en las EDARs del Concelho de Odemira del que se disponía de información sobre costes de terreno y datos de explotación, y que son: (4.2) el coste de terreno ocupado por habitante (€/hab), (4.3) el coste de inversión inicial por habitante (recordar que solo se pudo obtener en este Concelho) y (4.4) el coste de explotación y mantenimiento.

En el caso de tener la suficiente información sería más indicado estudiar el indicador coste de inversión inicial por habitante, que incluye el coste de construcción civil, el coste del equipamiento electromecánico y el coste de terreno ocupado, y el coste de explotación y mantenimiento.

5.3.4.1 Comparativa coste de construcción civil y equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas - población proyecto.

Se ha considerado oportuno estudiar primero el indicador de construcción civil y el de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas de forma separada y después ambos indicadores de forma conjunta.

Comparativa coste de construcción civil-población proyecto.

El coste de construcción civil implica un consumo de recursos económicos según el tratamiento implementado y por tanto el tipo de materiales consumidos. Representa el coste asociado a la construcción de la EDAR en lo que se refiere a materiales como el hormigón, las tuberías y las ligaciones en cualquier de los elementos que la conforman; y las operaciones necesarias como la limpieza y la regularización del terreno para la construcción de los distintos procesos de tratamiento de toda la EDAR.

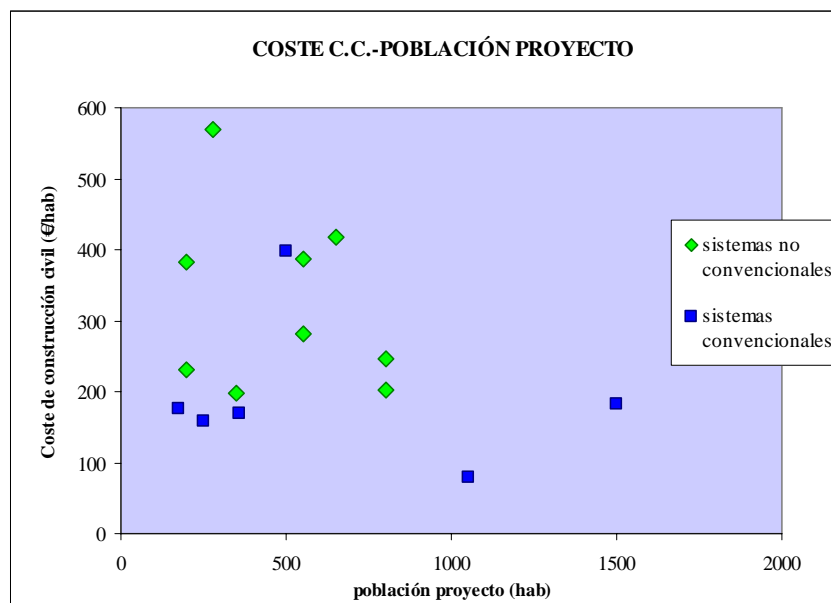


Figura 35. Coste de construcción civil por habitante

De la Figura 35 pueden obtenerse los siguientes resultados:

- Una dispersión de los datos tanto en los sistemas convencionales como en los no convencionales, sin que se produzca alguna tendencia. En general se observa a priori un coste mayor para sistemas no convencionales que para sistemas convencionales, hecho que sorprende -al consumir los sistemas convencionales mayor hormigón que los no convencionales-; aun cuando a medida que la población aumenta el coste por habitante disminuye, debido al factor del efecto escala.
- Para cualquier sistema de tratamiento, tanto para sistemas no convencionales como convencionales, el coste de construcción civil por habitante es elevado cuando se proyectan EDARs para pequeñas poblaciones. Ya para poblaciones mayores, cualquier sistema de tratamiento presenta unos costes unitarios de construcción civil inferiores a los anteriores.
- En los sistemas no convencionales, los costes de construcción civil son de media de 324 €/hab, con valores que varían entre los 199 y los 567 €/hab.
- En los sistemas convencionales, los costes de construcción civil son de media 194 €/hab, con valores que varían entre los 80 y los 398 €/hab.

En la Figura 36 se muestra la media de los porcentajes de los costes de cada componente de la construcción civil y que son: la limpieza y regularización del terreno de la EDAR, las ligaciones y accesorios, los procesos primarios, secundarios, terciarios

y de tratamiento de fangos, el edificio de exploración y los caminos de acceso a la EDAR.

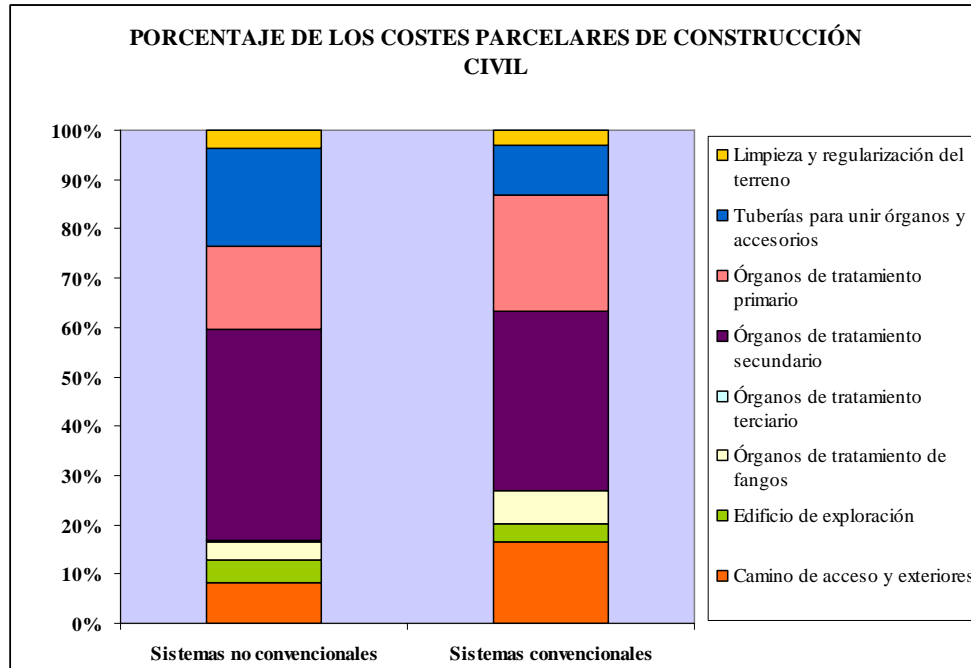


Figura 36. Porcentaje de los costes parcelares de construcción civil.

A partir de la Figura 36 anterior puede destacarse que:

- Las parcela con mayor peso, que significa que influye más en el coste total de construcción civil, son los órganos de tratamiento secundario, tanto para los sistemas no convencionales como para los convencionales con un porcentaje medio respectivo del 43 y el 39%. Este resultado significa por tanto que influye más el coste del órgano de tratamiento secundario en los costes de construcción civil en los sistemas no convencionales que en los sistemas convencionales.
- La segunda parcela con mayor peso son las tuberías y los accesorios en el caso de los sistemas no convencionales con un porcentaje medio del 20% y los órganos de tratamiento primario, en los sistemas convencionales 25%. Este resultado significa por tanto que influye más el coste del órgano de tratamiento primario en los costes de construcción civil en los sistemas convencionales que en los sistemas no convencionales.
- La parcela que se sitúa en tercer lugar con mayor peso son los órganos de tratamiento primario en los sistemas no convencionales con un porcentaje medio de 17% y las tuberías para unir órganos y los accesorios para los sistemas convencionales con un porcentaje medio del 11%. Este resultado significa por tanto que influye más el coste de las tuberías para unir órganos y accesorios en los sistemas de tratamiento no convencionales que el coste de los órganos del tratamiento primario.
- Los órganos de tratamiento terciario en todo tipo de sistemas de tratamiento no presentan un porcentaje de coste visible en el gráfico, debido a que en la mayoría de los casos estos sistemas no poseen este grado de tratamiento. La implantación de estos órganos de tratamiento terciario es determinada por norma general por la

sensibilidad de los medios receptores y no por la eficiencia de los órganos que existen anteriormente a éstos.

- Se puede también constatar que los costes asociados al tratamiento de fangos son mayores en los sistemas de tratamiento convencionales que en los no convencionales, tal como era de esperar puesto que en general se producen mayor cantidad de fangos es un sistema convencional que en un sistema no convencional, con un porcentaje medio respectivamente del 7% y del 4 %.
- En ambos tipos de sistema, tanto no convencionales como convencionales los caminos de acceso y exteriores representan un coste significativo, presentando los siguientes porcentajes respectivos 8% y 18%.
- Tanto para los sistemas no convencionales como para los sistemas convencionales el coste debido a la limpieza y la regularización del terreno es similar, con un porcentaje medio respectivo de 4% y 3%.
- Los dos costes anteriormente mencionados el de camino de acceso y el de la limpieza y regularización del terreno, juntamente con el coste asociado al edificio de exploración, no dependen del tipo de tratamiento implantado, todo y que forman parte del coste asociado a la EDAR. Este último coste tiene un valor medio parecido en ambos tipos de sistemas siendo en los sistemas no convencionales del orden de 5% y en los sistemas convencionales del orden de 4%.

Tabla 41 Porcentaje de los costes de los distintos elementos que conforman los sistemas de tratamiento

Tratamiento	Porcentaje de costes parcelares de construcción civil (%)							Edificio exploración	Acceso y exteriores
	Limpieza y regularización terreno	Tuberías y accesorios	Primario	Secundario	Terciario	Fangos			
Convencional	3	11	25	39	---	7	4	18	
No convencional	4	20	17	43	---	4	5	8	

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Los guiones significan que el porcentaje de los costes parcelares no llegan al 1%.

En la Figura 37 que se muestra a continuación se presentan la media de los porcentajes del coste de los componentes de movimiento de tierras donde solo se tiene en cuenta la excavación, al disponerse de datos fiables; el hormigón y materiales diversos como plásticos, válvulas, compuertas, y por tanto todos aquellos que son diferentes del hormigón que no están relacionados con el movimiento de tierras. Para la obtención de este gráfico se ha considerado los órganos de tratamiento (primario, secundario, terciario, y de fangos) y del edificio de explotación.

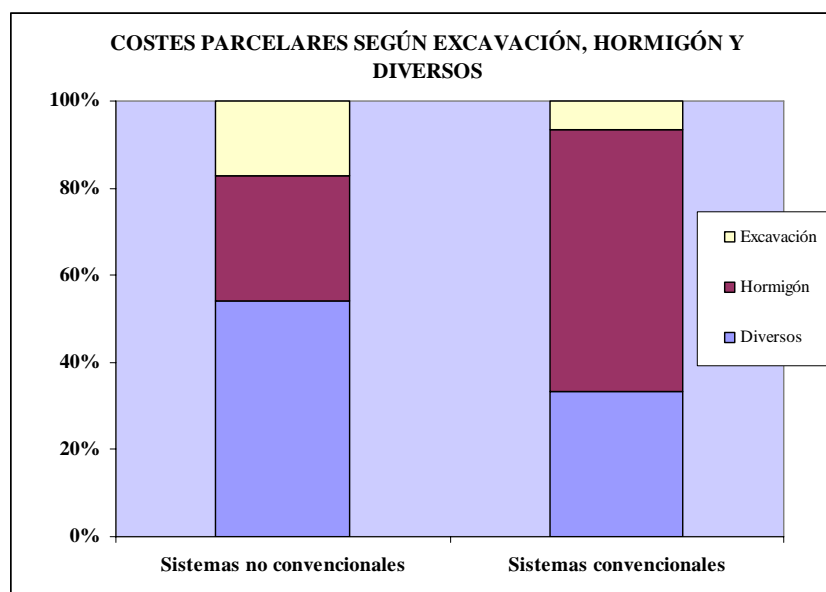


Figura 37. Costes parcelares de construcción civil según excavación, hormigón y diversos.

De la Figura 37 se pueden obtener los siguientes resultados:

- En los sistemas no convencionales los materiales diversos representan la mayor parcela en el coste de construcción civil con un porcentaje medio de 37%, seguidos por el hormigón y la excavación con unos porcentajes medios del 19% y del 12%.
- En los sistemas convencionales el hormigón representa la mayor parcela en el coste de construcción civil con un porcentaje medio del 46%, seguido por los materiales diversos y la excavación con un porcentaje medio respectivamente del 25% y del 5%.
- El porcentaje del coste de hormigón que se utiliza en los sistemas convencionales es aproximadamente el doble que el porcentaje que se utiliza en los sistemas no convencionales. Este hecho se puede explicar debido a que los sistemas convencionales tienen en cualquier fase del tratamiento, y de forma general hormigón, hecho que no ocurre con los sistemas no convencionales.
- El porcentaje del coste que se dedica a la excavación en los sistemas convencionales es aproximadamente la mitad que el que se dedica a los sistemas no convencionales. Este hecho se puede explicar debido a la mayor necesidad del área de terreno para la implantación de sistemas no convencionales, que generalmente se traduce en sistemas extensivos.
- El porcentaje del coste referente a los materiales diversos que se utiliza en los sistemas convencionales es inferior, cerca de la mitad, al porcentaje de materiales diversos que se utilizan en los sistemas no convencionales.

Tabla 42. Resumen de los promedios de los costes de construcción civil-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste de construcción civil (€/hab)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab)</i>
Convencional	194	80-398
No convencional	324	199-567

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Comparativa coste de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas - población proyecto

A continuación el indicador que va a compararse es el coste del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas en términos de euros por habitante respecto al total de habitantes. Incluye todo el equipamiento que precise de energía en los órganos de tratamiento primario, secundario, terciario y de deshidratación de fangos; así como todas las instalaciones eléctricas.

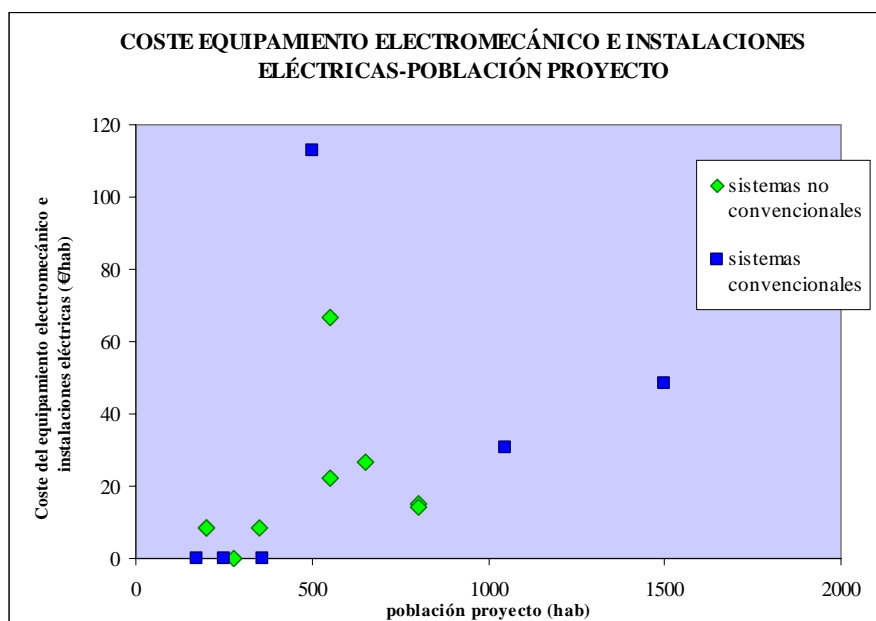


Figura 38. Coste equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas por habitante.

De la Figura 38 se pueden obtener los siguientes resultados:

- En general se observa un coste mayor para sistemas convencionales que para sistemas no convencionales, tal como era de esperar; todo y que a medida que la población aumenta el coste por habitante disminuye, debido al factor del efecto escala.
- Los costes medios del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas, para sistemas no convencionales son del orden de 19 €/hab, con valores que varían entre 8 y 67 €/hab. De todas formas se encuentra un sistema no convencional en la EDAR de *Vale Ferro*, situada en el Concelho de Odemira que no dispone de ninguno de los equipamientos, y por tanto su coste nulo, por lo que no se incluye en el rango de valores en este tipo de tratamiento al ser un caso poco común.
- Los costes medios del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas, para sistemas convencionales son el orden de 32 €/hab, con valores que varían entre 30 y 113 €/hab. Existen tres sistemas convencionales en las EDARs de *Pereiras*, *Bicos-Red A* y *Bicos-Red B*, todas ellas filtros percoladores de baja carga, situadas todas en el Concelho de Odemira que no disponen de ninguno de los equipamientos, por lo que no se incluyen en el rango de valores en este tipo de tratamiento al ser casos poco comunes. Así mismo también existe una EDAR del mismo Concelho, la EDAR de *S.Luis*, que presenta un coste inferior al esperado, y es que se trata de un sistema de tratamiento de fangos activados, hecho que presupone un coste elevado en este tipo de sistemas.

- Los sistemas no convencionales, cuando sirven a poblaciones inferiores a los 1000 habitantes, no se benefician de los efectos escala, encontrándose un valor del coste del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas significativamente alto como es el caso de la EDAR de *Meimão*, situada en el Concelho de Penamacor con un coste de 67 €/hab. Su elevado coste se debe a que presenta un tratamiento terciario o de desinfección, y un consumo elevado en la iluminación. Luego el coste relacionado en el tratamiento de esta EDAR en concreto no se debe al tratamiento biológico que define los sistemas convencionales de los no convencionales.

Tabla 43. Resumen de los promedios de los costes de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas (€/hab)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab)</i>
Convencional	32	30-113
No convencional	19	8-67

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Comparativa coste de construcción civil más equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas - población proyecto

La suma del coste de construcción civil y equipamiento electromecánico se representa en la Figura 39. Pueden obtenerse los siguientes resultados a partir de dicha Figura 39:

- Cuando se suman los costes de construcción civil y de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas, se puede observar que en los sistemas convencionales, el coste de la suma es menor en media que en los sistemas no convencionales; siendo para los sistemas no convencionales de 343 €/hab con valores que varían entre los 207 y los 570 €/hab y para los sistemas convencionales de 226 €/hab con valores que varían entre los 110 y los 510 €/hab. Este hecho sorprende, y parece un resultado incorrecto, puesto que en general los sistemas convencionales tienen mayores costes que los sistemas no convencionales. Por tanto, puede deberse a dos motivos: el primero es que en el estudio se han incluido sistemas de tratamiento convencionales de filtros percoladores de baja carga que tienen unos costes en general mucho menores que los de fangos activados así como un sistema de fangos activados con bajos costes; el segundo es que puede tratarse entonces de una muestra poco representativa el de las EDARs escogidas para estudiar estos dos costes.

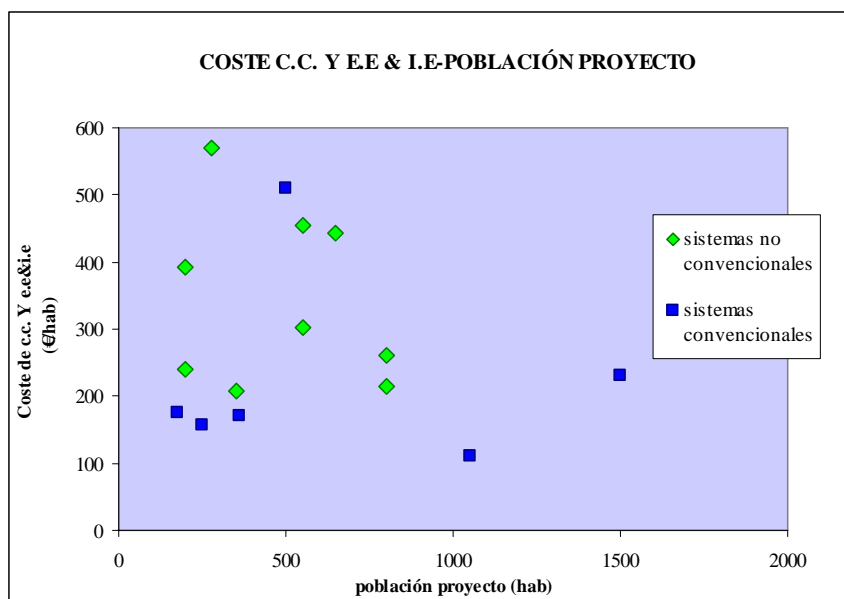


Figura 39. Coste construcción civil y equipamiento electromecánico por habitante.

- Para cualquier sistema de tratamiento, tanto en el coste de construcción civil como el coste de equipamiento electromecánico, así por tanto como en la suma de sus costes, es elevado cuando se proyecta para pequeñas poblaciones.

5.3.4.2 Comparativa coste de terreno ocupado (Concelho de Odemira) – población proyecto

El coste asociado a la adquisición del terreno necesario para la implantación de la EDAR por habitante en función de la población de proyecto, se realizó para una muestra de 8 EDARs del Concelho de Odemira. Del análisis la Figura 40 se pueden obtener los siguientes resultados:

- El coste del terreno en el caso de los sistemas no convencionales es mayor que en los sistemas convencionales, tal como era de esperar al necesitar mayor área de implantación para el tratamiento los primeros.
- El coste medio de adquisición del terreno para sistemas no convencionales es de 29,8€/hab, con valores que varían entre los 10 y los 76 €/hab.
- El coste medio de adquisición para sistemas convencionales es de 8 €/hab, con valores que varían entre los 3 y los 21 €/hab.

Tabla 44. Resumen de los promedios del coste de adquisición del terreno-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste de adquisición del terreno (€/hab)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab)</i>
Convencional	8	3-21
No convencional	30	10-76

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

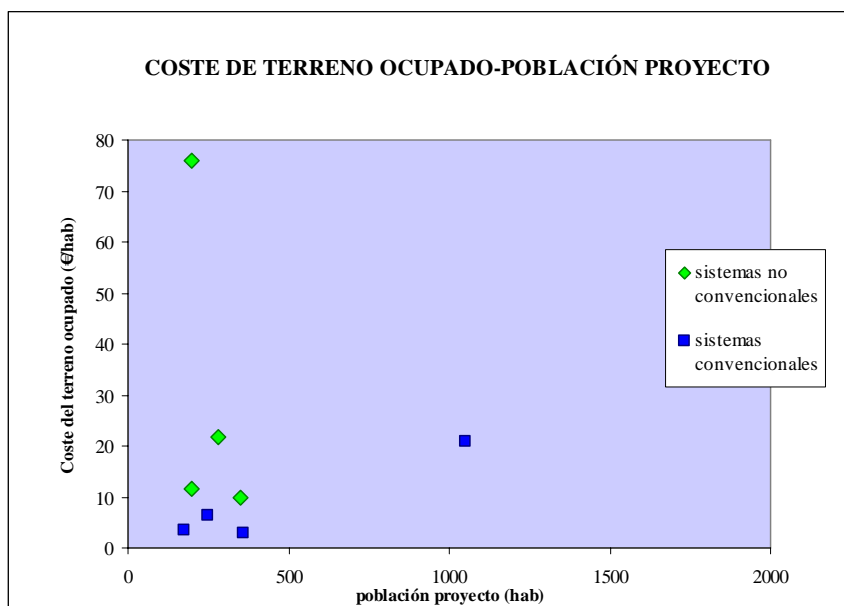


Figura 40. Coste de adquisición del terreno por habitante.

5.3.4.3 Comparativa coste de inversión inicial (Concelho de Odemira) - población proyecto

El coste de inversión inicial por habitante es un coste que engloba los costes de construcción civil, de equipamiento electromecánico y adquisición del terreno. La muestra es de apenas 8 EDARs, situadas en el Concelho de Odemira, tal como se comentó anteriormente. A continuación se representa en la Figura 41 los resultados obtenidos de la aplicación del indicador.

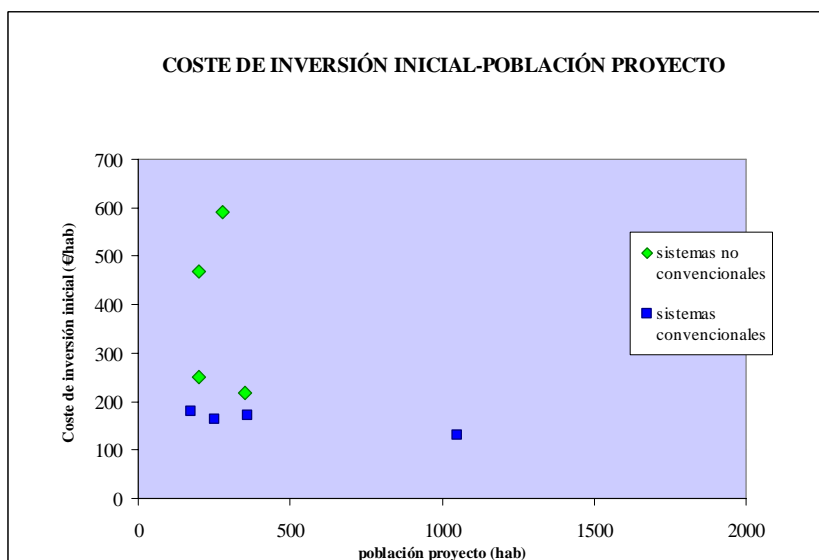


Figura 41. Coste de inversión inicial por habitante.

Del análisis del gráfico anterior se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Los costes de inversión inicial son mayores en los sistemas no convencionales que en los sistemas convencionales, con una media en el caso de los sistemas no

convencionales de 382 €/hab y valores que varían entre los 217 y los 591 €/hab; mientras que la media de los costes en el caso de los sistemas convencionales es de 162 €/hab con valores que varían entre los 131 y los 180 €/hab.

- Sorprende que el valor del coste de inversión de los sistemas de tratamiento no convencionales sea mayor que el mismo en los sistemas convencionales, por lo que solo la muestra de 8 EDARs puede considerarse reducida, sin que se puedan obtener conclusiones relevantes y generalizadas en este caso.

Tabla 45. Resumen de los promedios del coste de inversión inicial-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste de inversión inicial (€/hab)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab)</i>
Convencional	162	131-180
No convencional	382	217-591

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

5.3.4.4 Comparativa coste de explotación y mantenimiento (Concelho de Odemira) - población proyecto

A continuación se comparan los costes de explotación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento del Concelho de Odemira, que abarca una muestra de 8 EDARs. Éstos son importantes para conocer el nivel de control que debe tener un sistema de tratamiento para el correcto funcionamiento de éste.

Se ha considerado oportuno estudiar primero el indicador de explotación y el de mantenimiento de forma separada y después ambos indicadores de forma conjunta.

Comparativa coste de explotación (Concelho de Odemira) - población proyecto

Los costes de explotación por habitante y por año engloban los costes referentes al sueldo del personal que trabaja en la EDAR, los productos químicos utilizados en la EDAR, la energía, los análisis obligados por ley y el transporte y disposición de fangos.

Tal como se comentó anteriormente, este indicador solo pudo ser evaluado por completo en el Concelho de Odemira, todo y que alguno de los subindicadores que conforman este indicador también pudo ser evaluado en todas las EDARs de todos los Concelhos estudiados, como es el caso del coste de la energía, indicador del que se hará especial atención al fin de este punto de comparativa del coste de operación.

A continuación se muestra en la Figura 42 la aplicación del indicador de coste de explotación a esta muestra de EDARs.

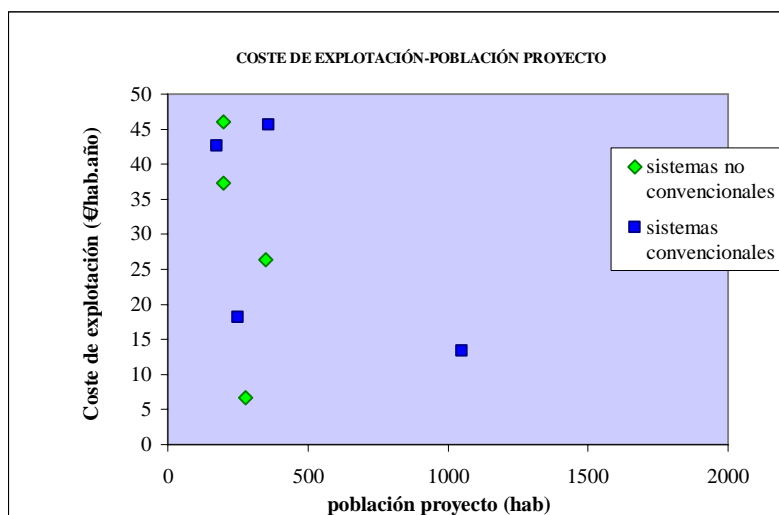


Figura 42. Coste de explotación por habitante.

Del análisis del gráfico anterior se pueden obtener los siguientes resultados:

- Los costes de explotación en el caso de los sistemas no convencionales son de 29 €/hab.año y valores que varían entre los 7 y los 46 €/hab.año; siendo casi el mismo valor en el caso de los sistemas convencionales con 30 €/hab.año con valores que varían entre los 13 y los 46 €/hab.año.
- Los costes en ambos sistemas de tratamiento son casi iguales, por lo que la muestra no permite obtener conclusiones fiables, y es que los resultados obtenidos no se pueden considerar representativos al tener la muestra un tamaño reducido, aún así pueden servir para una orientación de rango de valores.

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos de la aplicación de este indicador.

Tabla 46. Resumen de los promedios del coste de explotación-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste de explotación (€/hab.año)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab.año)</i>
Convencional	30	13-46
No convencional	29	7-46

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Finalmente, y para acabar con este indicador se hace en este apartado una especial mención al coste asociado a la energía, puesto que tal como se comentó anteriormente, la energía es uno de los indicadores más importantes. Éste está incluido dentro del indicador de operación de la EDAR. Pudo ser evaluado en todas las EDARs estudiadas. La Figura 43 que se ha obtenido de la aplicación de este indicador se muestra a continuación.

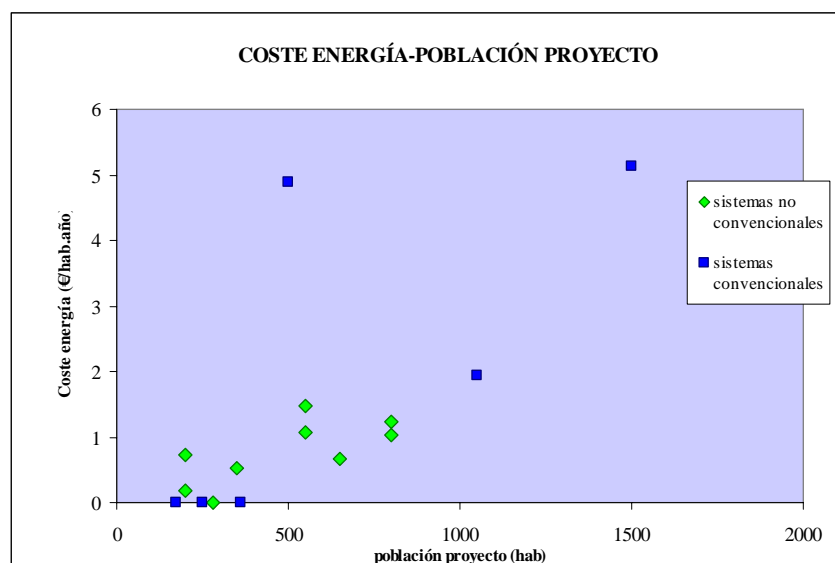


Figura 43. Coste energía consumida por la EDAR por habitante y por año.

Del análisis de la Figura 43 anterior se pueden obtener los siguientes resultados:

- Los costes de energía en el caso de los sistemas no convencionales son de media 0,8 €/hab.año y valores que varían entre los 0 y los 1,5 €/hab.año, si se consideran las EDARs que tienen un consumo nulo, hecho poco habitual tal como se comentó anteriormente. Luego pueden considerarse valores de consumo entre los 0,2 y los 1,5 €/hab.año con una media de 0,9 €/hab.año.
- Los costes de energía en el caso de los sistemas convencionales son de media 2,0 €/hab.año y valores que varían entre los 0 y los 5,1 €/hab.año, si se consideran las EDARs que tienen un consumo nulo, hecho poco habitual también tal como se comentó en los apartados anteriores. Luego pueden considerarse valores de consumo de energía entre 1,9 y 5,1 €/hab.año con una media de 4,0 €/hab.año.
- Los costes en los sistemas de tratamiento no convencionales son menores en general que en los sistemas de tratamiento convencionales, si no se consideran las EDARs cuyo consumo es nulo, tal como era de esperar.

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos de la aplicación de este indicador.

Tabla 47. Resumen de los promedios del coste de energía-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste de energía (€/hab.año)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab.año)</i>
Convencional	4,0	1,9-5,1
No convencional	0,9	0,2-1,5

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Comparativa coste de mantenimiento (Concelho de Odemira) - población proyecto

Los costes de mantenimiento por habitante y por año engloban los costes referentes al mantenimiento de los elementos de construcción civil y el equipamiento electromecánico e iluminación de la EDAR.

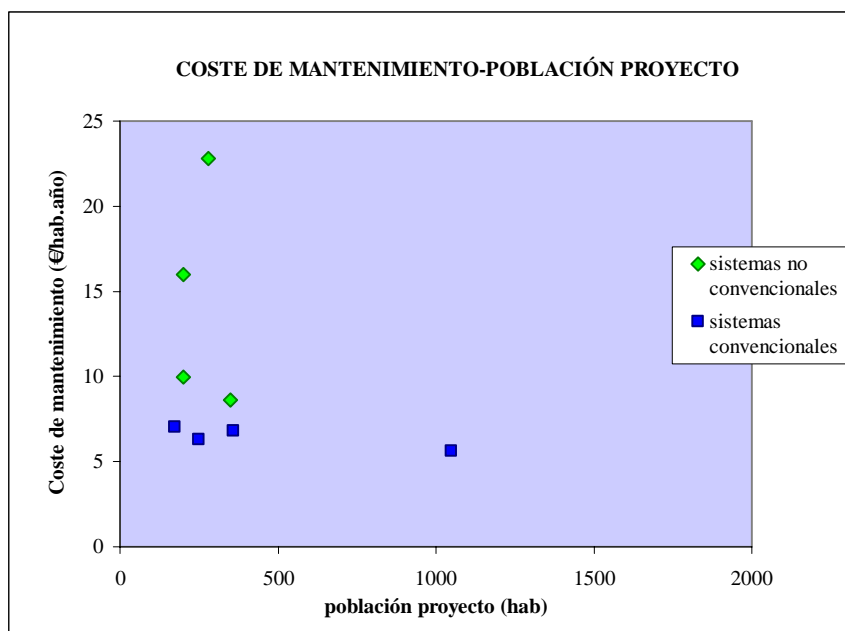


Figura 44. Coste de mantenimiento por habitante y por año.

Del análisis de la Figura 44 se pueden obtener los siguientes resultados:

- Los costes de mantenimiento en el caso de los sistemas no convencionales son muy variables y son de 14,3 €/hab.año y valores que varían entre los 8,6 y los 22,8 €/hab.año; siendo en el caso de los sistemas convencionales de 6,5 €/hab.año con valores que varían entre los 5,6 y los 7,0 €/hab.año.
- Los costes en mantenimiento en los sistemas de tratamiento no convencionales son mayores que en los sistemas convencionales, lo que significa que debe tenerse mayor control en los sistemas de saneamiento no convencionales para que la eficiencia sea la esperada. Este hecho es común puesto que generalmente estos costes son menores en los sistemas no convencionales.

Tabla 48. Resumen de los promedios del coste de mantenimiento-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste de mantenimiento (€/hab.año)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab.año)</i>
Convencional	6,5	5,6-7,0
No convencional	14,3	8,6-22,8

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.

Comparativa coste de explotación y mantenimiento (Concelho de Odemira) - población proyecto

Los costes de explotación y mantenimiento engloban los costes de explotación anteriormente obtenidos y discutidos junto con los costes de mantenimiento. Al igual que antes, éstos se analizan en base a datos de campo, por lo cual la muestra queda limitada a 8 EDARs del Concelho de Odemira, tal como se comentó con anterioridad.

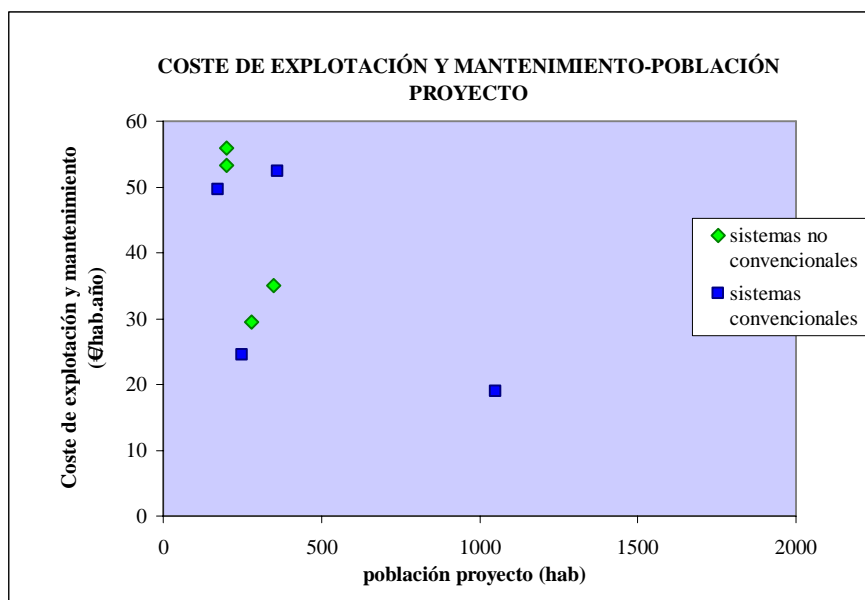


Figura 45. Coste de explotación y mantenimiento por habitante y por año.

Del gráfico anterior se pueden obtener los siguientes resultados:

- Los costes de explotación y mantenimiento en el caso de los sistemas no convencionales son de 43,4 €/hab.año y valores que varían entre los 29,4 y los 56,0 €/hab.año; siendo el mismo valor en el caso de los sistemas convencionales con 36,4 €/hab.año con valores que varían entre los 19,0 y los 52,5 €/hab.año.
- Para un mismo número de habitantes, los valores de los costes de explotación y mantenimiento son muy parecidos, en parte debido a que los sistemas convencionales evaluados no son demasiado exigentes en términos de costes energéticos.

A continuación se muestra en forma de tabla resumen los resultados obtenidos.

Tabla 49. Resumen de los promedios del coste de explotación y mantenimiento-población.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media del coste de explotación y mantenimiento (€/hab.año)</i>	<i>Mínimo-Máximo (€/hab.año)</i>
Convencional	36,4	19,0-52,5
No convencional	43,4	29,4-56,0

Nota. En color verde se indican los sistemas no convencionales o naturales. En color blanco se indican los sistemas convencionales.