



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Escola Politècnica Superior
Escuela Politécnica Superior



TRABAJO FIN DE MASTER
ARQUITECTURA Y URBANISMO SOSTENIBLE

**Reutilización de aguas residuales domésticas.
Estudio y comparativa de tipologías edificatorias:
depuradoras naturales como alternativa sostenible.**

Autor: D. David Bermejo Arnaldos
Tutor: D. Víctor Echarri Iribarren

Septiembre 2012

Indice

BLOQUE I. ANALISIS DE LA SITUACION. ESTUDIO DE LA IMPLANTACION DE SISTEMAS CONVENCIONALES DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA DOMESTICA Y URBANA.

Capt.1. INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO_ justificación.....	7
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.3. METODOLOGIA.....	11
1.4. PLAN DE TRABAJO.....	12

Capt.2. ANTECEDENTES. CONTEXTO MARCO. ESTADO ACTUAL

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2.2. CONCEPTO Y ORIGENES DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN ESPAÑA.....	16
2.3. CONTEXTO MARCO LEGISLATIVO. El Rd. 1620/2007.....	20
2.3.1. Concepto de Reutilización de Aguas residuales según R.D.1620/2007...	22
2.3.2. Condiciones de calidad y usos posibles de aguas regeneradas	23
2.4. CONTEXTO MARCO MEDIOAMBIENTAL. Otras Legislaciones de Obligado Cumplimiento.....	23
2.5. CONTEXTO MARCO SOCIAL ECONOMICO.....	24
2.5.1. Distribución y usos del agua en función de las tipologías edificatorias.....	29
2.6. CONTEXTO MARCO SANITARIO.....	33
2.6.1. Composición y limitación usos aguas residuales vivienda.....	36
2.7. CONTEXTO MARCO URBANO.....	39
2.8. CONTEXTO COYUNTURAL. CRISIS ECONOMICA Y DEL SECTOR.....	40
2.9. ¿PORQUE REUTILIZAR LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS?.....	42

Capt.3. REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y PLUVIALES. PROCESOS DE TRATAMIENTOS CONVENCIONALES

3.1. REUTILIZACION DE AGUAS GRISES.....	45
3.2. PROCESO DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE AGUAS GRISES	
3.2.1. Físico-químicos aplicados a tipologías edificatorias.....	47
3.4. COMPARATIVA REUTILIZACION DE AGUAS GRISES EN EDIFICIOS EN ALTURA (COLECTIVAS EN BLOQUE) CON UNIFAMILIARES CON JARDIN.....	50
3.5. REUTILIZACION DE AGUAS PLUVIALES.	53
3.5.1. Sistemas de recogida de pluviales según sus usos.....	54
3.5.2. Comparativa de reutilización de aguas pluviales en edificios en altura (colectivas en bloque) con unifamiliares con jardín.....	57

Capt.4. EVALUACION PRACTICA-COMPARATIVA DE SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES DOMESTICAS Y PLUVIALES SEGÚN TIPOLOGIAS EDIFICATORIAS.

4.1. CASO PRACTICO DE SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y PLUVIALES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	59
4.1.1. Instalación de Sistemas de reutilización de aguas grises.....	61
4.1.2. Instalación de Sistemas de reutilización de aguas pluviales.....	61
4.1.3. Instalación de Sistemas de reutilización de aguas grises y pluviales.....	61
4.2. CASO PRACTICO DE SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y PLUVIALES EN EDIFICIO EN BLOQUE.....	63
4.2.1. Instalación de Sistemas de reutilización de aguas grises.....	64
4.2.2. Instalación de Sistemas de reutilización de aguas pluviales.....	65
4.2.3. Instalación de Sistemas de reutilización de aguas grises y pluviales.....	66
4.3. CONCLUSIONES AL ESTUDIO PRÁCTICO Y COMPARATIVO.....	66

BLOQUE II. ANALISIS DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES CON TECNICAS BLANDAS DE BAJO COSTE ECONOMICO Y ENERGETICO. PROPUESTAS.

Capt.5. ANALISIS_SITUACION

5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. REUTILIZACION AGUAS RESIDUALES CON EDAR CONVENCIONALES Y COSTE ENERGETICO.....68

5.2. LA BUSQUEDA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS.....72

5.3. PROCESOS NATURALES DE REUTILIZACION AGUAS RESIDUALES. SISTEMAS DE DEPURACION BLANDOS. DEPURADORAS DE BAJO COSTE.....75

Capt.6. EVALUACION COMPARATIVA SISTEMAS DEPURACION.

6.4. COMPARATIVA DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES EN FUNCION AL TRATAMIENTO UTILIZADO. EDAR convencionales y los Sistemas de depuración Natural.

6.4.1. Criterios de Selección. El análisis multicriterio.....78

6.4.2. Costes de Implantación a escala doméstica_urbana.80

Capt.7. ANALISIS DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS A LOS SISTEMAS DE DEPURACION CONVENCIONALES DE AGUAS RESIDUALES EN MURCIA.

7.1. SISTEMAS IMPLANTADOS EN LA ZONA DE INVESTIGACION. BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS.

7.1.1. Sobre las EDAR a escala urbana y doméstica en la Región de Murcia. Costes de Explotación.....82

7.1.2. Sobre Los Sistemas de Depuración natural o bajo coste a escala urbana y doméstica en la Región de Murcia. El sistema no convencional de depuración Simbiótica en Murcia.....101

Capt.8. DESCRIPCION PROYECTO DEPURACION SIMBIOTICA MURCIA. LINEA DE PROPUESTAS PARA UN DESARROLLO HIDRICO SOSTENIBLE

8.1. DESCRIPCION PROYECTO DEPURACION SIMBIOTICA UNIVERSIDAD DE MURCIA (UMU). ACCESO A INFORME CIENTIFICO.

8.1.1. Introducción. Antecedentes.....107

8.1.2. Desarrollo Proyecto.....107

8.1.3. Datos aportados y esquema funcionamiento. Acceso a informe científico UMU.....108

8.1.4. Conclusiones al informe Científico sobre Depuradora Simbiótica UMU.....113

8.2. ALTERNATIVAS Y PROPUESTAS, NUEVOS DESARROLLOS URBANOS: DE LA DEPURACION NATURAL_SIMBIOTICA DE LA UMU A UNA REFORMA URBANA SOSTENIBLE.....116

CONCLUSIONES de trabajo de Investigación TFM124

FUTURA LINEA DE INVESTIGACION.....130.

BIBLIOGRAFIA.....132

ANEXOS.....135

Capt.1. INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO_ justificación

El planteamiento del trabajo surge en base a la futura y creciente implantación de sistemas de evaluación de los diversos parámetros de comportamiento energético y de gestión de recursos en los modelos edificables residenciales, de cara a una certificación medioambiental (métodos de certificación de edificaciones sostenibles en España) o como indicador de sostenibilidad.

Uno de los parámetros considerados más importantes, en los que se basan los métodos de certificación medioambiental edificatorios, actualmente existentes como BREAM, LEED, etc., es el agua y su gestión.

En la gestión del agua aplicada al modelo doméstico-urbano, podríamos distinguir:

- a) La utilización de dispositivos de ahorro
- b) Utilización de sistemas de captación y almacenaje de aguas pluviales
- c) Introducción de sistemas de reutilización de aguas residuales

Solamente a través de la investigación podemos obtener el conocimiento profundo de la situación y del marco teórico actual, de las normativas vigentes y niveles de consumo de agua por tipologías edificatorias y modelos de ciudad. Y en general otras tantas circunstancias o barreras que mantienen el bajo nivel de reutilización de aguas residuales para uso doméstico actualmente en España.

Conocidos éstos, este TFM investiga, sobre el actual modelo de Planificación hídrica Urbana en España, acotándolo a una región mediterránea como es la de Murcia, caracterizada por un elevado estrés hídrico y puntera por ello en investigación de depuración de aguas residuales a nivel nacional y europeo.

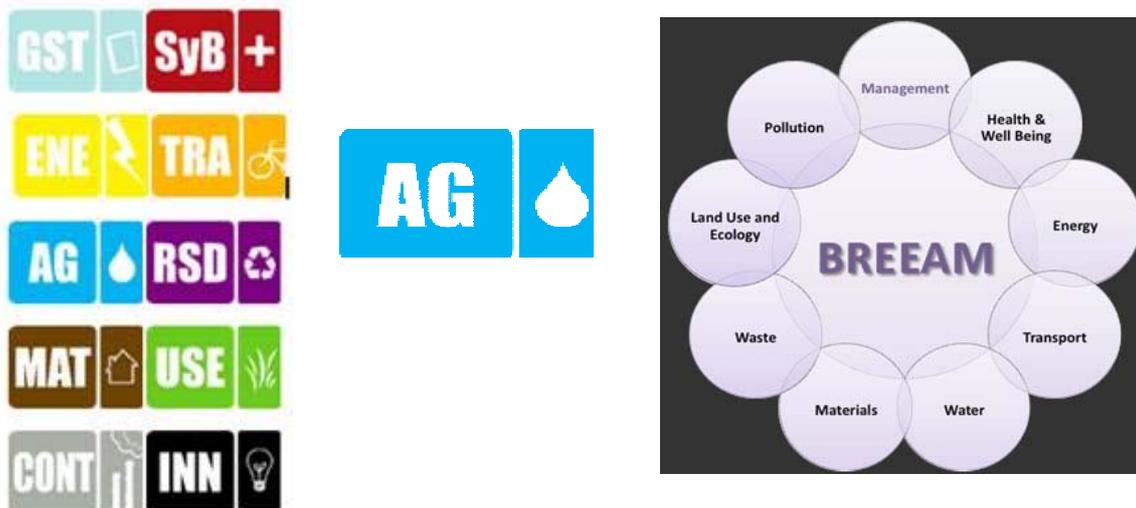


GESTION AGUA

A través del conocimiento de la gestión hídrica y desarrollo urbano llevado a cabo por los Organismos y Entidades locales y estatales, que velan por ella, estaremos en disposición de emitir un mejor juicio del desarrollo e implantación a escala doméstica y urbana de sistemas de reutilización de aguas residuales y usos empleados. Sacando entonces conclusiones del panorama hídrico y energético actual, demostrando que están íntimamente relacionados.

Quizás sea ésta la principal causa de la no implantación doméstica en nuestras ciudades. La región de Murcia es deficitaria hídricamente y España lo es energéticamente. Probaremos el gasto energético que acarrea el actual sistema de depuración

El razonamiento multicriterio es el que debe prevalecer para apostar por unas tecnologías u otras, y si bien es cierto que no existe una solución perfecta, tampoco es cierto que se deban rechazar otras que por naturales ó no convencionales, no deban considerarse. Quizá en el futuro inmediato debamos convivir en un mix de alternativas donde las convencionales y no convencionales se complementen (depuradoras convencionales, desalinizadoras, etc. con depuración natural o simbiótica, trasvases y embalses).



Finalmente a través de la metodología seguida en la línea de investigación, el trabajo de campo ha dado como resultado el acceso a un informe científico sobre una experiencia piloto llevada a cabo por la Universidad de Murcia, UMU, y ESAMUR, Entidad de Saneamiento y depuración de aguas residuales de la Región de Murcia.

Partícipes de la emoción que nos produce el que en su momento se apostara por alternativas fuera de las convencionales, hoy paralizadas, hemos

querido destacar los valores potenciales de éstas técnicas blandas o de bajo coste que han sido desarrolladas por empresas murcianas.

Como aportación a está investigación, llevándolo al campo de la edificación y el Urbanismo, se proponen alternativas de nuevos desarrollos urbanos, en torno al sistema de depuración natural, a través del apartado denominado: **”Alternativas y propuestas, nuevos desarrollos urbanos: de la depuración natural_simbiótica de la UMU a una reforma urbana sostenible”**

1.2. OBJETIVOS

Principalmente para este trabajo de investigación TFM propongo los siguientes objetivos por bloques de estudio:

En el BLOQUE I: ANALISIS DE LA SITUACION. ESTUDIO DE LA IMPLANTACION DE SISTEMAS CONVENCIONALES DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA DOMESTICA Y URBANA.

- 1) Investigar para establecer cual es el Marco teórico vigente en materia de reutilización de aguas domésticas, aplicado a los modelos de ciudad o tipologías edificatorias tratadas (plurifamiliares en bloque, unifamiliares con jardín), acotándolo a la Región de Murcia en particular. Estado Actual.
- 2) Investigar y analizar cuales son los razonamientos o problemática de índole socio-cultural, legislativa, administrativa, económica, medioambiental, etc. para intentar conocer las causas del bajo nivel de proliferación de la reutilización de aguas residuales con uso domestico.
- 3) Vislumbrar conocimiento e información sobre la demanda doméstica de agua, diferenciando en función a las tipologías edificatorias indicadas y al modelo de ciudad.
- 4) Evaluar la viabilidad de un sistema de reutilización propuesto (a promociones reales) de aguas grises y pluviales, mediante su comparativa en las tipologías edificatorias indicadas, desde su factor principal de ahorro de consumos y usos reutilizables. En función a las opciones del sistema, enmarcadas dentro de una tipología edificatoria, surgirán nuevos factores a considerar y por tanto conclusiones comparativas con el modelo de ciudad.

En el BLOQUE II: ANALISIS DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES CON TECNICAS BLANDAS DE BAJO COSTE ECONOMICO Y ENERGETICO. PROPUESTAS.

- 1) Planteamiento del problema sobre la actual política hídrica de reutilización de aguas residuales basada en sistemas convencionales con alto coste energético. Demostración
- 2) Investigar sobre la búsqueda de la eficiencia energética en el proceso de tratamiento y reutilización de Aguas residuales urbanas.
- 3) Comparativa costes entre las EDAR convencionales y los sistemas de depuración blandos ó Depuradoras de Bajo coste.

- 4) Investigar para establecer cuales son los sistemas implantados en la Región de Murcia, convencionales y blandos.
- 5) En la línea marcada por el informe científico de la Universidad de Murcia, demostrar que existen alternativas de depuración natural con alto grado de potencialidad para nuevos desarrollos urbanos. Propuestas sostenibles

1.3. METODOLOGIA

Para abordar estos objetivos se establece una metodología basada en la recopilación del contexto-marco teórico vigente, respecto a la reutilización de aguas; es decir, sentar las bases o establecer el marco teórico como punto de partida.

Mediante la revisión de Entidades y Organismos públicos y privados de la zona, vinculados con la gestión del agua y ahorro de recursos hídricos, enlazaré con empresas especializadas en la implantación de los sistemas más utilizables o adaptables a las tipologías edificatorias establecidas en la zona indicada. Para finalmente realizar una evaluación comparativa o estudio práctico de un sistema propuesto a las tipologías de edificación

Para este trabajo de investigación TFM, la metodología se ha estructurado en dos bloques de estudio. Con las conclusiones del Bloque I, sobre la situación actual de la implantación de sistemas convencionales de reutilización de aguas, problemática, niveles de consumo por tipología y modelo de ciudad y demás, se afrontará el Bloque II.

En éste y con el conocimiento actual proporcionado, someteremos a debate las EDAR convencionales actuales frente al coste energético y su comparativa y estudio con otras alternativas sostenibles de reutilización de aguas, las llamadas técnicas blandas o de bajo coste.

Finalmente se aportaran las conclusiones globales que nos ha deparado la línea de investigación

1.4. PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo adoptado, ha consistido en:

- Vaciado y discriminación de fuentes para seleccionar los documentos o normativas más importantes en materia de reutilización de aguas residuales urbanas y por ende domésticas
- Revisión de Entidades y Organismos que velan por la gestión y reutilización del agua, y son referentes en la zona del Levante, especialmente, en la Región de Murcia.

ORGANISMOS

www.epamurcia.org	
www.orcc.es	
www.sostenibilidad-es.org	
www.um.es/oserm	
www.esamur.com	
www.um.es	

EMPRESAS

www.golftrat.com	
www.salher.com	
www.simop.es	
www.biodigester.es	
www.biotric.es	

- Contacto con empresas punteras del sector, para obtener la máxima información, completando de esta forma con su ayuda el Marco Teórico.

- d) Aplicación de un caso práctico de promociones reales, al cual hemos aplicado hipotéticamente, la propuesta de implantación de un sistema de reutilización de aguas. Estudio comparativo entre tipologías edificatorias.

BLOQUE I. ANALISIS DE LA SITUACION. ESTUDIO DE LA IMPLANTACION DE SISTEMAS CONVENCIONALES DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA DOMESTICA Y URBANA.

CAPITULO 2. ANTECEDENTES_contexto marco. ESTADO ACTUAL

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se entiende por desarrollo sostenible, aquel que permita compatibilizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas de dónde se extraen y en dónde se utilizan.

Así pues, en el caso del agua, las buenas prácticas en gestión de este recurso serán las que tengan por finalidad: disminuir el gasto, disminuyendo su consumo y reutilizando al máximo el suministro, extrayéndola con el menor deterioro posible de los ecosistemas originarios. Se trata por tanto de extraerla y devolverla con el menor impacto posible, propiciando el desarrollo normal del ecosistema origen (ríos, humedales, acuíferos subterráneos) en condiciones aceptables. Mínima contaminación en su uso y sistemas de depuración con bajo coste energético y huella ecológica nula serían dos parámetros básicos de actuación para procurar un uso sostenible del agua.

Según el Libro Blanco del Agua en España, en 1992, se estimaba que los recursos realmente disponibles en España eran de 47.000 Hm³/año, mientras que la demanda de agua de abastecimiento, industria y agricultura, era de 30.500 Hm³/año, a los que habría que sumar otros usos como la refrigeración y embalses hidroeléctricos que equiparaban los recursos al consumo. Es decir, casi toda el agua disponible es utilizada.

El polémico reparto hidrológico de unas regiones a otras, se traduce en la necesidad de que unas consumen más agua de la que disponen, lo que conlleva el que la tendencia sea a mermar las reservas de embalses y acuíferos a no ser que se fomenten políticas de ahorro, al tiempo que se reutilicen las aguas.

Las políticas de ahorro de los recursos hídricos en nuestro país adquieren cada vez más importancia, debido a una escasez de compleja solución. Dicho problema es particularmente notorio en una zona como el Levante español y Baleares, donde a las condiciones geográficas y meteorológicas se le suman en el caso de las zonas de costa e islas una sobreexplotación.

Las condiciones meteorológicas del clima mediterráneo con precipitaciones irregulares y ciclos de sequías y lluvias torrenciales, las cuales caen principalmente cerca de la costa, produciéndose avenidas, de forma que retornan al mar como escorrentía y no pueden ser aprovechables; junto a los acuíferos sobreexplotados en zonas del interior e islas, determina unas condiciones muy poco afortunadas.

Si además, tenemos en cuenta la densidad de población alta y el rápido desarrollo económico que ha sufrido basado en el turismo de masas, no es de extrañar que hoy por hoy, la búsqueda y adecuada gestión del recurso "agua" sea uno de los principales retos en el archipiélago balear y muy importante en las regiones de Valencia y Murcia.

Si bien es cierto, que una de las principales diferencias de la hidrología balear respecto por ejemplo a la cuenca peninsular del mediterráneo, reside en que en las islas el agua subterránea (acuíferos) es prácticamente el único recurso hídrico natural disponible.

Así pues, ambos escenarios presentan una gran fragilidad en cuanto a recursos hídricos, lo que cualquier reducción conduce a situaciones de escasez y deterioro del agua.

Es por ello, que empieza a destacar el creciente interés en la mejora de la gestión del agua en los últimos años, sobre todo en lo que concierne a políticas de reducción del consumo por parte de la población:

- Ley 6/2006 de 21 de Julio, sobre el incremento de las medidas de ahorro y conservación en el consumo de agua de la Comunidad Autónoma de Murcia.
- Decreto 21/2006, de 14 de Febrero, por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios de Cataluña.
- Guía de buenas prácticas ambientales para instalaciones turísticas, de la Conselleria de Medio Ambiente de Baleares.

Campañas de concienciación, construcción de Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), desalinizadoras, etc., pero en lo que concierne a la edificación residencial y en concreto a la implantación de sistemas de reutilización de aguas residuales (grises y pluviales), ésta se encuentra actualmente en sus inicios a pesar del reciente periodo de boom inmobiliario dejado atrás.

Pasemos a analizar la influencia de los distintos marcos en la implantación de sistemas de reutilización de aguas en tipologías edificatorias.

2.2. CONCEPTO Y ORIGENES DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN ESPAÑA.

El agua procedente de las compañías suministradoras es por ley agua declarada apta para el consumo humano; lo que significa que dicha agua está exenta de contaminantes, o al menos que su contenido es tan pequeño que no puede afectar de forma significativa a la salud humana en caso de ingerirlos: es decir que es potable.

Estos contaminantes, de forma genérica, los podemos clasificar en dos tipos:

1. **Contaminantes microbiológicos**, es decir microorganismos patógenos para el ser humano. Para ello se añade al agua un biocida en cantidades suficientes para destruir los posibles gérmenes que llevara el agua antes de su tratamiento y se deja una parte de este biocida como forma de preservar el agua durante su transporte hasta los edificios donde vaya a ser finalmente empleada. Habitualmente se emplea cloro en las plantas potabilizadoras y ozono en el agua envasada.
2. **Contaminantes químicos**, es decir sustancias que pudiera haber en el agua, tales como ciertas sales minerales (nitratos, nitritos, arsénico, mercurio, etc.), pesticidas diversos (herbicidas, insecticidas, etc.), elementos radioactivos (cesio, estroncio, etc.), compuestos orgánicos (disolventes, derivados del benceno, tolueno, etc.) y muchos más generados por la actividad humana desde medicamentos hasta abonos. Algunas de estas sustancias pueden producir afectación en la salud a concentraciones muy bajas que oscilan desde unos pocos miligramos por litro hasta algunos nanogramos por litro. Su efecto tóxico puede ser inmediato, como el caso de algunos metales pesados o bien mostrarse al cabo de mucho tiempo como con los disruptores hormonales.

De forma aproximada en nuestra sociedad, consumimos esta agua potable en cantidades que rondan los 150-300 litros por persona y día, variando estos datos en función a la tipología edificatoria, zona geográfica, nivel adquisitivo, etc. De esta cantidad, una pequeña parte es destinada realmente al consumo humano, pero ésta no suele ser superior a los 10-15 litros, es decir, menos del 10%. El resto se emplea para distintas actividades como lavar, limpieza doméstica, regar, duchas, etc., aproximadamente el 60%.

Así, se definen como **aguas grises**, las que resultan del vertido de baños, duchas y lavabos, ya que se trata de aguas sucias con un bajo nivel de contaminantes y la casi ausencia de productos orgánicos; es decir aguas no potables pero que con tratamiento de regeneración o depuración asequibles, se

podrían reutilizar en los usos en los que no sea necesaria la potabilidad del agua (riego, limpieza, llenado de cisternas inodoros).

Por último, cerca del 30% del agua que entra en una vivienda se suele emplear en inodoros para la eliminación de orina y heces por arrastre. Esta agua residual es la que lleva un alto grado de contaminación bacteriológica, siendo patológica para el ser humano y de difícil y costosa depuración. Solemos llamar a estas aguas, **aguas negras**.

Sin embargo, la realidad actual es que en las viviendas el 100% del agua que entra en ellas, agua apta para el consumo humano, y por lo tanto potable que conlleva el coste de potabilización y transporte hasta el punto, acaba convirtiéndose en prácticamente su totalidad en aguas negras sin reutilización en ninguno de los procesos intermedios, dado que hasta hoy la evacuación de las aguas grises se realiza de forma unitaria con las aguas negras.

La conclusión de todo ello, es que del 100% de agua potable que nos suministran las compañías, (con coste elevado y al alza por ser potables), únicamente el 55% es destinado a usos en los que es obligatoria la potabilidad, siendo el resto (45%) usos en los que la potabilidad no sería necesaria o no tan estrictamente.

Con tales razonamientos, es por ello que las medidas de eficiencia en el consumo de agua se han estudiado con anterioridad en otros países como EEUU, Australia o Alemania y se siguen estudiando actualmente con rápidos avances tecnológicos. Un ejemplo de ello es la lista de tecnologías del agua citada por el gobierno de Reino Unido [[http:// www.waterefficientsolutions.co.uk](http://www.waterefficientsolutions.co.uk), 16 noviembre 2006], donde las líneas de actuación se agrupan en: eficiencia en los puntos de consumo, controladores de caudal, limpieza en los equipos y productos industriales, detección de fugas, monitoreo y contadores, **recogida de pluviales y sistemas eficientes de filtración para la reutilización**.

En Alemania, un país con unas precipitaciones anuales y recursos hídricos superiores a los de España, se puede constatar que la protección de los recursos hidrológicos es ejemplar, y testimonia el éxito de la protección ambiental. La contribución de los alemanes al desarrollo de tecnologías y sistemas de ahorro es indudable. El consumo de agua en este país se ha reducido en casi un 20% desde 1990, quedando demostrado que el alto nivel de vida de un país industrializado no acarrea, necesariamente, una alta contaminación o un considerable consumo de sus recursos hidrológicos.

Dejando por ahora la captación de las aguas pluviales, con numerosísimos antecedentes en la historia de la humanidad, la reutilización de las aguas

domésticas en un mismo edificio comienza a plantearse desde una perspectiva coherente en el continente norteamericano [Palma Carazo, 2003, p.146]¹. Uno de los primeros casos que se conocen al respecto, realizado durante 1926 en el Golden Gate Park de San Francisco, las aguas residuales de las diferentes instalaciones del parque eran aprovechadas para, además del riego en zonas verdes, destinarlas al abastecimiento de calefacción, refrigeración y descarga de inodoros y urinarios.

Más tarde, a finales del siglo XX, debido a los grandes avances técnicos, el reciclaje doméstico se instauró como una práctica posible. Las experiencias en el reciclaje que se llevaron a cabo en EEUU y Canadá en esta época tenían como destino los inodoros y el riego, la colada en algunos casos, a partir de todas las AR (grises y negras). Dichos proyectos se vienen instalando en escuelas públicas, oficinas, hoteles, etc. desde 1987. Ciudades como San Francisco, hoy en día, consumen menos agua que en los años setenta gracias a una política austera de reutilización de aguas y la incorporación obligatoria a los edificios del código verde conocido como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental).

En Europa, los primeros casos de separación de aguas grises y negras los encontramos en Alemania y Suecia.

En España han surgido, y lo seguirán haciendo, numerosas empresas dedicadas a la reutilización de aguas grises, impulsadas por casos de arquitectura sostenible que actualmente empiezan a impulsarse sobre todo por parte de la Administración o Empresas privadas que quieren invertir en “imagen verde”.

Con estos sistemas se calcula un ahorro de entre el 25 y el 45% del agua.

En Catalunya, y poco a poco en el resto de España, han salido normativas referentes a este tema. El *decret 21/2006, de 14 de Febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis* [DOGC 4574, 2006] establece un sistema por puntos en el que los parámetros de ecoeficiencia son: agua, energía, materiales y sistemas constructivos y residuos.

El sistema consiste en conseguir un mínimo de 10 puntos de entre todas las medidas posibles a adoptar. La solución de instalar un sistema de reaprovechamiento de aguas grises, con 8 puntos, la máxima puntuación, y un sistema de recogida de pluviales, con 5 puntos, son dos de las principales opciones consideradas.

La *xarxa de ciutats i pobles cap a la sostenibilitat*, de la Diputació de Barcelona [Sainctavit, 2005], redactó en diciembre de 2005 una ordenanza tipo sobre el ahorro de agua particularmente interesante para el estudio que nos ocupa. Los sistemas y medidas de ahorro que trata dicha ordenanza, sin carácter limitador, son los siguientes:

¹ -Javier Palma Carazo, 2003, *Aguas residuales en la Arquitectura Sostenible. Medidas preventivas y técnicas reciclaje*

1. Contadores individuales.
2. Reguladores de presión de la entrada de agua.
3. Mecanismos ahorradores.
4. Captadores de agua de lluvia.
5. Reutilizadores de agua sobrante de las piscinas.
6. Reutilizadores de aguas grises.
7. Sistemas de ahorro en jardines.
8. Sistemas de ahorro en depósitos de regulación.
9. Sistemas de ahorro en refrigeración.

En la comunidad balear también se está empezando a considerar la gestión del agua como una de las líneas de mayor peso dentro de la política medioambiental. La *Guía de buenas prácticas ambientales para instalaciones turísticas*, de la Conselleria de Medi Ambient, es un ejemplo de ello.

Por su parte la Comunidad de Murcia promulgó la Ley 6/2006 de 21 de Julio, sobre el incremento de las medidas de ahorro y conservación en el consumo de agua de la Comunidad Autónoma de Murcia, y creando el Ente Público del Agua EPA.

Esta entidad tiene como funciones las de cooperar con los distintos sectores de la economía regional y las demás administraciones para la obtención de los recursos hídricos necesarios para desarrollar sus actividades; fomentar y contribuir a la difusión de la cultura del agua de la Región de Murcia; fomentar actividades de investigación, desarrollo e innovación en relación con el agua; difundir, divulgar y educar en materia de agua.(Ver anexo 2)

Por último, cabe señalar que, aunque la reutilización de las aguas residuales cuenta con una larga historia, la de las aguas grises en tipologías edificatorias se encuentra actualmente en sus inicios, y urge una mayor información (por parte de Entes, Administración, Colegios profesionales, medios de comunicación, etc.) acerca de sus características, composición y comportamiento para poder evaluar las posibilidades de su reutilización y sus riesgos.

A día de hoy, seguimos sin una Ley Nacional que regule el tratamiento de aguas grises y pluviales. Es lo que se desprende de las conclusiones de la mesa técnica de Barcelona organizadas por AQUA ESPAÑA, Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas entre Septiembre y Noviembre de 2011,

Solamente se aprecia algún avance de forma reciente, a nivel de ordenanzas municipales, detallando de manera más específica que lo hace el

CTE, la obligación de instalar sistemas para conseguir el uso eficiente del agua en las viviendas. Destaca San Cugat del Vallé, Barcelona y Murcia.

A escala nacional, y dentro del Plan de actividades Línea I+D+I (líneas AQUA 2012), la Organización se ha propuesto el impulso para la creación de Legislación Española “sobre tratamiento de Aguas Grises y Pluviales”.

2.3. CONTEXTO MARCO LEGISLATIVO. EL Real Decreto RD 1620/2007

La regulación básica de la reutilización de aguas, venía siendo reclamada desde la Ley de Aguas (LA), 29/1985, de 2 de agosto, dónde ya se empezaban a establecer los requisitos básicos para la reutilización de aguas en función de los procesos de depuración, calidad y usos previstos.

La reutilización de aguas residuales constituye una alternativa útil para contribuir al objetivo de garantizar la disponibilidad de agua en la cantidad y con la calidad demandada por la dinámica social, en sintonía con los principios de la Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre, por la que se establece el marco comunitario de la política de aguas.

Aunque no siempre permita la obtención de nuevos recursos hídricos, la reutilización de aguas residuales supone una gestión más eficiente de los recursos hídricos. Sin embargo, no cabe ignorar que la reutilización requiere procesos de tratamiento de las aguas e infraestructuras de almacenaje y distribución que encarecen la obtención de aguas regeneradas. La amortización de estos costes y la gestión realmente sostenible de las aguas exigen una adecuada planificación de la reutilización y de los usos que vayan a darse a las aguas regeneradas.

Tras la reforma del art. 109 RD Leg. 1/2001, de 20 de julio, que aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), por la disp. final 1.^a (punto diez) L 11/2005, de 22 de junio, de modificación de la L 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, el RD 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de reutilización de aguas depuradas, ha completado el cambio normativo iniciado con la mencionada modificación del art. 109 TRLA y ha establecido la regulación básica de la reutilización de aguas que venía siendo reclamada desde la L 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas (LA).

El RD 1620/2007 ha establecido los requisitos necesarios para llevar a cabo la actividad de reutilización de aguas regeneradas, los procedimientos para obtener la concesión o autorización exigida al efecto, así como las disposiciones relativas a los usos admitidos y las exigencias de calidad precisas en cada caso, trasladando los costes y las responsabilidades relativas a dichas exigencias de calidad a los sujetos de la actividad de reutilización.

En definitiva, el RD 1620/2007 ha procurado el soporte legal completo que antes no existía para la reutilización de aguas residuales en España, en sintonía con la necesidad de depuración obligatoria que marcaba la Directiva 91/271/CEE, que ya establecía la necesidad de depuración, recoger aguas residuales de aglomeraciones urbanas, de instalar sistemas de tratamiento adecuados para las mismas, y definía criterios para la determinación de zonas de vertido sensible (lagos, arroyos, cauces, etc.) y zonas menos sensibles. Así mismo, se marcaban los plazos para el cumplimiento de tales medidas, en defensa del medio ambiente y en función del tamaño de la población y zona de vertido (según diferentes criterios en cuanto a nivel de exigencia), las cuales oscilaban entre el 31 de Diciembre del año 2000 para aglomeraciones de más de 15000 habitantes y del 31 de Diciembre del año 2005 para núcleos de 2000 a 15000 habitantes.

AMBITO	NORMATIVA
EUROPEO	<p>Directiva 91/271/CEE (Tratamiento aguas residuales urbanas, hasta 2005 ▶ 2000 hab.)</p> <p>Directiva 2000/60/CEE (marco CEE política aguas)</p>
NACIONAL	<p>Texto refundido de la Ley de aguas TRLA ▶2001</p> <p>-protección dominio público hidráulico y calidad aguas -de la reutilización de aguas depuradas</p>
NACIONAL	<p>RD 1620/2007 Régimen jurídico reutilización aguas depuradas</p> <p>-Necesidad de depuración aguas residuales -Recogida de aguas residuales de aglomeraciones urbanas -Vertido zonas sensibles. Protección ecosistemas -Promueve uso sostenible agua -Fomento fuentes alternativas agua: Reutilización ▶ USOS ▶ CALIDAD</p>
AUTONOMICO	<p>Ley 6/2006 de 21 de Julio Ley sobre medidas de ahorro de agua</p> <p>-Creación Ente Público Agua Murcia. EPA -Incremento medidas ahorro y conservación consumo agua</p>
PROPUESTA LEY NACIONAL	<p>"TRATAMIENTO AGUAS GRISES Y PLUVIALES"</p> <p>Conclusiones AQUA ESPAÑA ▶ Dic. 2011</p>

Cuadro. Resumen marco legislativo regulación reutilización aguas

Indicar llegados hasta aquí, que en España, núcleos por debajo de los 15000 habitantes, suponen el 95% de los municipios, y aunque durante estos años desde la Directiva Europea y hasta la actualidad se han construido muchas depuradoras en nuestro país, especialmente en núcleos medios y grandes, sin embargo en los pequeños que son la mayoría quedan por tratar más del 50% de las aguas residuales.

Es complejo por tanto, pretender sistemas de reutilización a escala doméstica de aguas residuales en las tipologías edificatorias de estos municipios, si a escala urbana o municipal todavía no está solucionada la depuración general de las aguas en España, si en Murcia. La concienciación tendrá mucho camino recorrido si la implantación es fomentada por la Administración, la cual a su vez estará supeditada a la capacidad económica o de endeudamiento para reducir los niveles de riesgos asociados a la reutilización de aguas residuales.

Ahora bien, es por ello que para éstos núcleos (menores de 10000 habitantes), existe mayor diversidad de tratamientos no necesariamente convencionales (los más caros), pudiendo cumplir con la normativa mencionada.

Son sistemas naturales de bajo costo, serán desarrollados ampliamente en el Bloque II.

2.3.1. CONCEPTO DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS SEGÚN RD 1620/2007

El RD 1620/2007 ha definido la reutilización como la «aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre, para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar» [art. 2 a)]. Por ello, el RD 1620/2007 denomina «regeneradas» a las aguas reutilizables.

Así, cabe extraer que quedarían fuera del concepto de reutilización de aguas regeneradas establecido por el RD 1620/2007 los usos sucesivos que el concesionario que ha derivado inicialmente las aguas pueda hacer de las que resulten sobrantes, mientras sigan resultando aptas para los usos en cuestión.

Por el contrario, podríamos hablar de reutilización en el sentido del RD 1620/2007, cuando las aguas han dejado de ser aptas para el uso por quien las derivó en primer lugar, de modo que sólo tras la depuración y regeneración serían susceptibles de nuevos usos, iguales o diferentes del primero, que podrán ser realizados por el mismo sujeto que las derivó o por otro distinto.

2.3.2. CONDICIONES DE CALIDAD Y USOS POSIBLES DE AGUAS REGENERADAS

Entre las condiciones básicas para la reutilización de las aguas establecidas por el RD 1620/2007 se encuentran las relativas a la calidad que deben reunir las aguas previamente depuradas, que varían en función de los usos a los que aquéllas se destinen.

A mayor calidad de las aguas, mayores posibilidades de uso de las mismas. Por ello, el Anexo I.A RD 1620/2007, determina los distintos usos de los que pueden ser objeto las aguas reutilizadas y establece los criterios de calidad exigibles en cada caso: usos urbanos, usos agrícolas, usos industriales, usos recreativos y usos ambientales.

2.4.CONTEXTO MARCO MEDIOAMBIENTAL. Otras Legislaciones de obligado cumplimiento

Además de estas legislaciones de obligado cumplimiento, en concreto el RD 1620/2007, en cada cuenca existe un Plan Hidrológico, que indica y marca la calidad que han de tener las aguas en función del uso al que se destine; para el caso de la zona del Mediterráneo se trataría de las Cuencas Hidrográfica del Ebro, Interiores de Cataluña, Júcar y Segura principalmente,

El régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas se establece específicamente en el **Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre**

En resumen, se tiene que cumplir como marco director legislativo y régimen jurídico de la Reutilización de Aguas el RD 1620/97 y con carácter supletorio las directrices que marquen las Cuencas Hidrográficas y todas aquellas leyes de carácter autonómico que haya promulgado la Comunidad Autónoma. Poniendo un ejemplo de la zona de estudio del Levante, digamos Murcia, serían de obligado cumplimiento otras leyes como la Ley 6/2006 del 21 de Julio, sobre el incremento de las medidas de ahorro y de conservación en el consumo de agua de la Comunidad Autónoma de Murcia. (Véase anterior cuadro 1)

No obstante, la reutilización de aguas residuales conlleva igualmente actuaciones ambientales, de vertidos, y de depuración de aguas, cuya regulación se encuentra en las siguientes disposiciones:

NORMATIVA AMBIENTAL: Real Decreto 1/2008, de 11 de enero por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos.

NORMATIVA SOBRE VERTIDOS A SANEAMIENTO URBANO: Reglamento municipal del servicio de alcantarillado y desagüe de aguas residuales de cada Comunidad

NORMATIVA SOBRE VERTIDOS A CAUCE: Orden MAM/1873/2004, BOE de 18 de junio por la que se aprueban los Modelos Oficiales para la Declaración de Vertido

NORMATIVA SOBRE DEPURACIÓN: Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

2.5. CONTEXTO MARCO SOCIAL-ECONOMICO

En la actualidad, la reutilización de aguas residuales en las edificaciones está muy poco generalizada, se podría decir que se encuentra en sus inicios.

A escala de particulares o unifamiliares se asocia únicamente a aquellas viviendas que no se encuentran conectadas a la red de saneamiento municipal.

En éste último caso, si la vivienda se encuentra en suelo urbano, en determinados Ayuntamientos Locales y municipales, para la concesión de licencia de obra mayor, se obliga a que se proyecte un sistema de depuración de aguas residuales domésticas (ver anexo 1), que permitan su reutilización para agua de riego de parcela y/ó para cumplir la calidad de vertido.

Si es a acequia o cauce, el vertido tiene que tener el visto bueno de la Confederación hidrográfica o Cuenca.

Aún así, existen zonas localizadas principalmente en pedanías por ejemplo en los alrededores del Municipio de Murcia y Orihuela, plena huerta de la Vega Media murciana y Baja del Segura alicantina, suelos agrícolas y no urbanos, dónde es muy típica la vivienda de residencia heredada de los antepasados, o de nueva construcción que se sitúan por lo tanto ilegales. En ellas si no es a cauce, se sigue haciendo uso de pozos filtrantes o en el mejor de los casos de fosa sépticas.

En los dos primeros casos (acequia y pozo), las aguas residuales, sin depurar correctamente, se infiltran en el subsuelo, mientras que las almacenadas en la fosa, los fangos, deben trasladarse, con elevados costes, a la depuradora municipal

Este trabajo de investigación, expondrá más adelante otros sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en planteamientos ecológicos y conocidos como “depuradoras naturales” que están surgiendo en estos casos como alternativa. Ver apartado 7.1.2.

Por su parte a escala urbana de núcleos de tipología residencial colectiva (en bloque o adosados), sabemos que las edificaciones urbanas se proyectan con una red única de agua potable y una red de saneamiento, para la entrega de todos los rechazos generados al municipio al que pertenecen, que tras su depuración los devuelve al Medio Ambiente.

Salvo algunas urbanizaciones recientes, o nuevos modelos residenciales tipo resorts, dónde se está introduciendo la reutilización de aguas residuales para complejos de ocio o campos de golf, no hay antecedentes de edificaciones urbanas que reutilicen, o mejor dicho, que puedan reutilizar las aguas residuales en los propios edificios, y sólo algunos municipios tienen la posibilidad de regar los jardines públicos con aguas residuales depuradas.

Como se ha indicado en el apartado legislativo anterior, en la actualidad España dispone de Normativa específica que condiciona la calidad que debe tener el agua residual que sale de una edificación para cualquiera de las tres posibilidades existentes: Vertido a Saneamiento Municipal; Vertido a Cauce; o Reutilización. Lo que cambia es el grado de **depuración** de las aguas y el consecuente esfuerzo económico inicial que no obstante, varía en cada caso, y siempre se ve compensado.

Para ambos casos (tipología residencial unifamiliar y colectiva), hay que valorar lo que realmente cuesta el abastecimiento de agua a núcleos urbanos y ciudades, así como la descontaminación de la misma una vez suministrada.

Se debe conocer el balance entre las aguas que cada ciudad utiliza, los gastos adicionales de agua que ocasiona el crecimiento de la misma y los efectos perjudiciales para el medio ambiente que se derivan de las obras hidráulicas para el abastecimiento y depuración de esta agua. Serían los denominados costes de implantación y explotación, entre los que se encuentran además el transporte y el impacto para el medio ambiente. Es necesario por tanto, realizar un balance o evaluación entre costes soportados y beneficios aportados.

Estos costes de los cuales la mayor parte de la población desconoce, deberían ser retribuidos al consumidor y no al contribuyente, con el fin de una medida más para implementar el uso sostenible del agua.

Destacar la diferencia de precios del agua entre distintos servicios o zonas geográficas españolas (según AEAS, Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento) en un informe que proporciona el precio que pagan los usuarios por el ciclo integral del agua en el ámbito nacional. La diferencia entre distintos servicios o zonas geográficas obedece a la disponibilidad, calidad y proximidad de los recursos hídricos en dichos lugares, y a los distintos procesos necesarios para la captación, potabilización y depuración del agua en cada zona y/o servicio.



Cuadro 2. Precio agua uso doméstico. Informe AEAS sobre tarifas agua

Es bastante aclaratorio comparar las tarifas más caras de provincias de España precisamente en el Mediterráneo como Baleares con 2.65 €/m³ y Murcia con 2.34 €/m³ frente a Lugo con 0.69€/m³. Igualmente revelador el precio que pagan otras ciudades en Europa para un consumo anual de 200m³. Obsérvese el precio de Copenhague de 4.54 €/m³, esto nos condiciona a plantearnos una pregunta: ¿pagamos realmente lo que vale el agua en España?

En 2010 según el Instituto Nacional de Estadística, INE, el coste unitario del agua se situó en 1,51 euros por metro cúbico, con un incremento del 6,3% respecto al año anterior. El coste unitario del suministro de agua alcanzó los 0,92 euros por metro cúbico, mientras que el de saneamiento (alcantarillado, depuración y cánones de saneamiento y vertido) fue de 0,59 euros. Por comunidades autónomas, los valores más elevados correspondieron a Illes Balears (2,69 euros por metro cúbico), Región de Murcia (2,17) y Canarias (1,90). Por el contrario, La Rioja (0,91 euros por metro cúbico), Castilla y León (0,98) y Galicia (1,01) presentaron los costes unitarios medios más bajos.

a Precios del agua en diversas ciudades europeas
Para un consumo doméstico anual de 200 m3. IWA datos 2007

Ciudad	€/M3	Ciudad	€/M3
Roma	0,83	Oslo	1,86
Bilbao	1,04	Bruselas	2,01
Madrid	1,10	Helsinki	2,12
Sevilla	1,22	Viena	2,45
Valencia	1,42	Londres	2,49
Lisboa	1,43	París	2,62
Budapest	1,54	Ámsterdam	3,08
Estocolmo	1,56	Berna	3,17
Barcelona	1,69	Copenhague	4,54

Cuadro 3. Precios agua ciudades europeas. International Water Association

En un contexto cada vez de mayor exigencia normativa según hemos visto, y con mayores requerimientos medioambientales, de servicio y comerciales, cabe reflexionar seriamente sobre el precio de los servicios de agua urbanos y su coste efectivo. De nuestro bolsillo sale poco para el agua.

Los imperativos de sostenibilidad y la necesaria adaptación a nuevas normativas y la escasez relativa en cantidad y calidad de los recursos hídricos imponen una importante transformación de las infraestructuras y la creación de otras nuevas, para garantizar el suministro y el retorno al medio natural de las aguas usadas, en condiciones adecuadas.

Aunque existe un consenso generalizado en la opinión pública sobre la necesidad de hacer un uso sostenible del agua, sin embargo no sucede lo mismo en lo referente a asumir los costes que ello conlleva.

Los costes del servicio, tan esencial como complejo y desconocido para el ciudadano y para la opinión pública en general, se han elevado de forma muy importante debido a la complejidad y tecnificación que exigen los procesos de captación, tratamiento o potabilización, distribución, recogida de las aguas usadas, depuración y, en su caso, regeneración para otros usos, sean agrícolas, urbanos o de recreo, costes al alza, que no se ven reflejados en las tarifas.

COMPARACIÓN CON OTROS CONSUMOS TÍPICOS

Producto	Precio PVP 2009	Días de consumo de agua equivalentes (1)
 1 caña de cerveza	1,5 €	2,6 días
 1 barra de pan normal	0,85 €	1,5 días
 1 café	1,3 €	2,3 días
 1 billete de metro/autobus	0,9 €	1,6 días
 1 refresco, embotellado	1,80 €	3,1 días
 1 periódico	1,2 €	2,1 días

(1) Consumo tipo de 25 m³ por bimestre y vivienda y precio medio en 2009 para el ciclo integral de 1,40 €/m³

Familia de 3 miembros

Cuadro 4. Equivalencia de costes agua con otros productos .Concienciación

La concienciación debería consistir en dar visibilidad a estos costes de cara al ciudadano, informar a la opinión pública de todo lo que se encierra tras la compleja gestión del servicio, lo que está pagando por el y lo que habitualmente paga por otro tipo de servicios. La intuición nos dice que en España esto es necesario pero no suficiente, con lo que se debería apostar por más políticas de subvenciones o exenciones fiscales al ahorrador y retribuciones altas al consumidor no concienciado.

Es necesario saber que los costes del agua van implícitamente relacionados con la energía ó dependencia energética del sector: ciertas captaciones de aguas subterráneas y de fuentes alejadas, tecnificadas unidades de potabilización, especialmente en las desaladoras, complejos sistemas de las redes de distribución y de alcantarillado, y los avanzados procesos de depuración de aguas residuales, ineludibles en núcleos urbanos concentrados, con mínimas superficies para aplicar otras técnicas residuales, no tecnificadas o naturales.

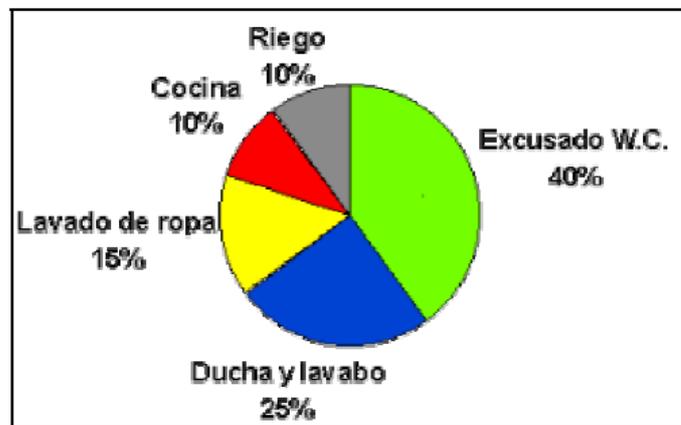
Es preciso concienciar a la población de quien más consume agua potable por implicación directa más contamina en forma de aguas residuales y por lo tanto más debe pagar. Este cambio de cultura, motivará valores de concienciación de recursos hídricos, basados en economías de hogares que se plantearan opciones de sistemas de reutilización domésticos a escalas familiares.

2.5.1. DISTRIBUCION USOS AGUA EN FUNCION TIPOLOGIAS EDIFICATORIAS

Como ya hemos visto anteriormente, en una vivienda aislada, el agua residual suele proceder exclusivamente de los desagües de los diferentes dispositivos y aparatos sanitarios existentes en lavaderos, cocina y aseos, siendo conveniente que las aguas pluviales se recojan en una red aparte; aunque hasta hace bien poco, ha sido muy frecuente la practica de recogida mixta.

Como se aprecia en el siguiente gráfico, el 90% del agua potable usada en una vivienda se devuelve al saneamiento, generando dos tipos de aguas:

- 40% de fecales o negras, procedentes del W.C. y
- 50% de grises, procedentes del resto.



Cuadro 5. Gráfico % aguas grises- negras enviadas saneamiento

Uno de los puntos de partida a la hora de acometer una estrategia de planificación para el ahorro, aprovechamiento y reciclaje de aguas residuales, será el conocimiento de los diferentes consumos y demandas. En nuestro caso, se debería estudiar por un lado el consumo doméstico en función a la tipología edificatoria (consumos interiores) y, por otro, el agua demandada para exteriores (riego del jardín, piscina).

WC	DUCHA	HIGIENE	COCINAR/BEBER	LAVADORA	LAVAPLATOS	JARDIN	OTROS
30%	35%	6%	2%	12%	4%	4%	7%

Tabla 1. Distribución de consumos medios de agua en una vivienda

El consumo interior se estudia a partir de datos estadísticos que servirán de hipótesis de partida. Para el riego, las hipótesis se realizan a partir de métodos de cálculo de la evapotranspiración.

Según el Instituto Nacional de Estadística, el consumo medio de agua en España aumentó un 1.8% en 2003, situándose en 167 litros por habitante y día frente a los 159 l/hab.día de 1999 y los 147 l/hab.día de 1996. En Europa, el consumo medio se sitúa en 125-130 l/hab.día mientras que en los Estados Unidos, unos 220-250 l/hab.día a finales de los noventa (Palma Carazo, 2003, p.63)². Sin embargo, estas cifras se refieren únicamente al consumo domiciliario, quedando fuera los consumos asimilables (comercial, trabajo, ocio), que dejarían los 167 l/hab.día anteriores en unos 185 l/hab.día.

Las principales variables que condicionan la demanda doméstica, entre muchas otras, son la categoría de la instalación o nivel de servicio y la tipología edificatoria. En la tabla 2 se indican los consumos según estos dos aspectos.

Uso principal de la edificación	Categoría alta	Categoría media	Económica
Vivienda en bloque urbano corriente	180	125	100
Vivienda en bloque de barriada periférica	90	70	60
Apartamento en bloque	300	200	150
Vivienda unifamiliar	225	165	120
Vivienda rural aislada	100	75	60
Edificio residencial de apartamentos	500	300	250
Gran hotel (por huésped)	600	450	300
Gran hotel (por cama)	1300	700	500
Pequeño hotel (por huésped)	220	200	150

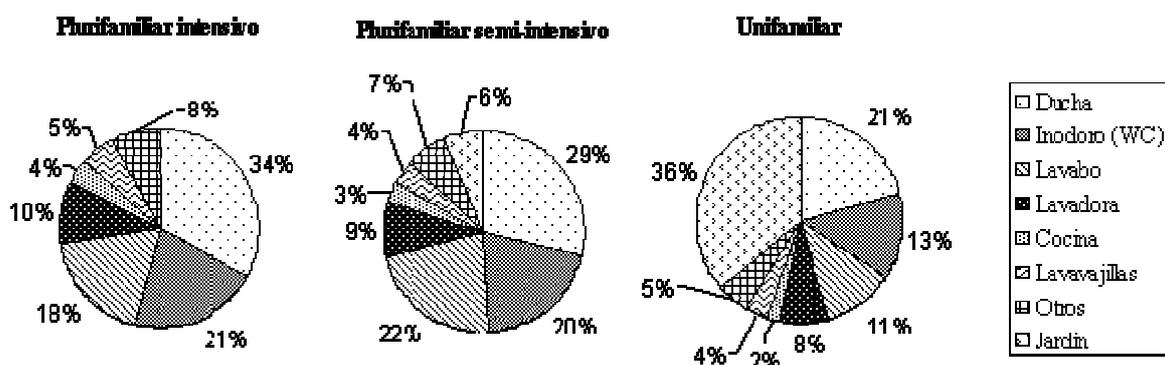
tabla 2. Consumos de agua en función tipo edificación. Palma Carazo, 2003, p.76

Según datos estadísticos del IDECAST (Instituto de Estadística de Cataluña) sobre el consumo de aguas en la Región Metropolitana de Barcelona, se realizó una distinción entre tres tipologías edificatorias establecidas en base al consumo de agua:

- a. **Plurifamiliar intensiva**, viviendas en bloque urbano en municipios de más de 50.000 habitantes, todos ellos caracterizados por una forma urbana compacta.

²-Javier Palma Cerazo, 2003, *Aguas residuales en la Arquitectura Sostenible. Medidas preventivas y técnicas reciclaje*

- b. **Plurifamiliar semi-intensiva**, viviendas en bloque en núcleos urbanos de periferia o nuevas zonas en desarrollo con equipamientos comunitarios de jardín y piscina.
- c. **Unifamiliar aislada o adosada**, escogiéndose municipios dónde esta tipología edificatoria era superior a un 70%.



El resultado del estudio y encuesta realizado sobre 634 hogares de la Región Metropolitana de Barcelona arrojaba la gran variabilidad existente en relación a los consumos domésticos de agua, incluso dentro de la misma tipología edificatoria, y muy especialmente, en las viviendas unifamiliares con jardín.

Así, según la encuesta cabe resaltar en primer lugar los menores consumos registrados en la tipología plurifamiliar intensiva ($120,1 \pm 47,8$ litros/persona/día, lpd); seguida por la tipología plurifamiliar semi-intensiva ($147,7 \pm 61,9$ lpd) y, finalmente, por la tipología unifamiliar ($203,2 \pm 116,4$ lpd).

Como media, por tanto, las familias que habitan en viviendas unifamiliares emplean 1,69 veces más agua que las que habitan en la tipología plurifamiliar intensiva.

	Plurifamiliar intensiva	Plurifamiliar semi-intensiva	Unifamiliar
Consumo doméstico por cápita (lpd)	$120,1 \pm 47,8$	$147,7 \pm 61,9$	$203,2 \pm 116,4^*$
Superficie de la vivienda (m ²)	$85,6 \pm 30,5$	$109,6 \pm 32,1$	$173,0 \pm 67,3$
Personas que habitan la vivienda	$2,7 \pm 1,2$	$3,2 \pm 1,2$	$3,3 \pm 1,3$
Total de puntos de consumo	$8,7 \pm 2,9$	$10,9 \pm 2,2$	$13,6 \pm 3,9$

Cuadro. Consumos de agua en función tipologías edificatorias. IDECAST 2006

El consumo se dispara en viviendas unifamiliares dónde se dispone de jardín, el cual siempre suele tener una parte de césped, correspondiendo a éste el 50% de superficie sobre una media de 200m². Es éste uno de los grandes consumidores del jardín, particularmente especies no autóctonas y no adaptados a climas secos y temperaturas elevadas.

Estas viviendas suelen situarse en áreas de baja densidad, propias de la ciudad extensible, mientras que en las áreas más densas, propias de la ciudad compacta los consumos domésticos son menores.

Se aprecia por tanto, la disparidad de porcentajes con respecto a la primera tabla 1 correspondiente a los consumos de agua de una vivienda media, y sobre todo por el gran número de variables implicadas en la estimación de valores, así como la gran variabilidad del uso del agua que hacen las distintas personas.

Estos datos muestran como los mayores ahorros potenciales estarían, por un lado, en el ámbito de la higiene personal (ducha, lavabo, inodoro) suponiendo un 72% del consumo del total del hogar en la tipología plurifamiliar intensiva y un 71 en la semi-intensiva y, por otro, en el diseño y riego de jardines privados que en el caso de las unifamiliares supone un 36% del consumo total.

A partir de estos datos, se deberían proponer sistemas de ahorro y reutilización para cada tipología. (Ver apartado 3.3. comparativa reutilización de aguas grises)

2.6. CONTEXTO MARCO SANITARIO.

Cuando se busca la justificación para la depuración y reutilización de aguas residuales para la totalidad de un núcleo urbano, el factor predominante es el **sanitario**, que cobra mayor o menor importancia en función de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua del núcleo urbano en cuestión, lo cual suele estar muy asociado a su **tamaño, grado de desarrollo y la hidrología del lugar**.

En el primer mundo, el objetivo principal de la depuración es eliminar los malos olores, contemplar las aguas limpias, devolver la vida piscícola a los ríos, generar recursos hídricos para nuevos usos, y básicamente, **lograr el bienestar social de las personas**. Aquí las infraestructuras de abastecimiento son sólidas y ha jugado un papel muy importante el caudal circulante de los ríos y su capacidad para diluir la carga orgánica de los flujos residuales sin depurar.



Foto. Río Sena a su paso por París. Ejemplo de desarrollos en base a regeneración aguas

En el mundo en desarrollo, las infraestructuras básicas de abastecimiento suelen estar mal dimensionadas y resultan muy vulnerables a la contaminación orgánica de los flujos de agua residual, por lo que la depuración representa un factor muy importante y decisivo para **lograr la salud de las personas**, como objetivo fundamental.

El ejemplo de París, es uno de los ejemplos de ciudad que cuenta con una de las Plantas de aguas residuales urbanas más grandes del mundo; antes del vertido al cauce la planta condiciona su calidad de vertido (alcanzando estándares exigidos), ésta es fundamental para el desarrollo de núcleos urbanos y mejorar la calidad de vida entorno al río.

Se pretende una ciudad con metabolismo circular (no tiene fin) extrae agua y nutrientes tierra (a través productos campo), los consume, y arroja el agua

residual previo tratamiento productos, reutilizando la materia orgánica en forma fertilizantes. Es decir toma lo que necesita y lo devuelve de forma continua (sistema que reutiliza los elementos).

Sobre el ciclo al cual deben aspirar las ciudades: lineal (aquella que arroja los residuos, agua y materia orgánica, en forma de desecho sin reutilizarlos) o circular; está claro que la ciudad futura debe aspirar al segundo tipo, reutilizando las aguas y la materia orgánica.

Actualmente las mayoría de las ciudades europeas cierran el ciclo de agua, vertiéndola al río (previo tratamiento) pero no cierran el ciclo de la materia orgánica o residuos sólidos generados. Sobre éstos últimos en su forma de reutilización más típica de fertilizantes para campos (y por tanto devolverle a las tierras los nutrientes que se le quitaron por los cultivos producidos) se ha abierto un profundo debate que toca de lleno la rama sanitaria. Muchos son los detractores de que la presencia de cargas excesivas de metales pesados (zinc, molibdeno, etc.) en estos fertilizantes es perjudicial para los cultivos y por ende que es lo más preocupante para la salud de los ciudadanos.

Esto nos llevaría a otro tema que no es el de la investigación propuesta pero muy relacionada con la rama sanitaria que sería el de la Industria Alimentaria.

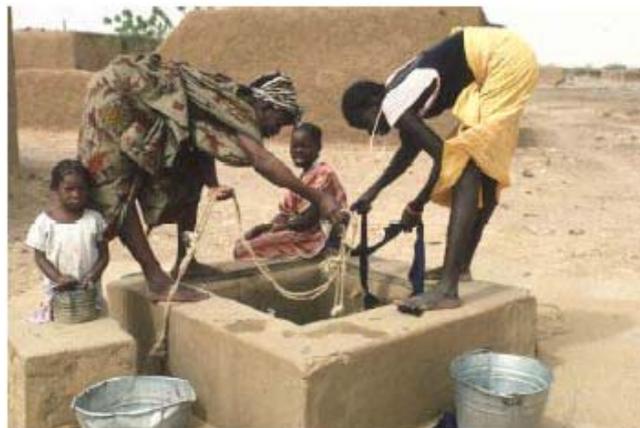


Foto 2. Sistema de recogida y captación aguas en países africanos

Por su parte, en el tercer mundo, las aguas residuales no suelen generar flujos preferenciales, encontrándose muy repartidas en el terreno y siendo depuradas de forma natural, sin provocar la contaminación de las fuentes de agua potable.

No obstante, aunque parezca que en estos lugares la depuración no es un factor de importancia, esta será vital para la salud de las personas tras una catástrofe (inundación, terremoto, o cualquier otro conflicto) y en el inicio del inevitable proceso de desarrollo.

Conviene recordar que la falta de depuración de las aguas residuales ha sido la causante de grandes epidemias y enfermedades endémicas como el cólera o las fiebres tifoideas entre otras muchas, y que hasta hace bien poco, (no más de 10-30 años) apenas existían depuradoras en el mundo civilizado.

Es una constante, que la Unión Europea habilite grandes fondos económicos para la depuración de las aguas residuales de las ciudades de los nuevos países que ingresan, y lo mismo ocurre en China, la India (países emergentes) y Sudeste Asiático; también en Sudamérica y los países y regiones turísticas.

Además según hemos visto, la nueva Legislación Ambiental Europea establece estrictos plazos y criterios obligatorios para la depuración de las aguas residuales de todos sus núcleos urbanos, empezando por los más habitados y terminando por los aislados.

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1.200
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	ml/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l: 5 días, 20°C (DBO ₅ , 20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1.000
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitricos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros ^a	mg/l	30	50	100
Sulfato ^a	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales ^b	n./100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	µg/l	< 100	100-400	> 400

^a Los valores se deben aumentar en la cantidad en que estos compuestos se hallen presentes en las aguas de suministro.

Los valores teóricos considerados para viviendas aisladas se recogen en la columna de concentración Débil, Metcalf & Eddy, Inc.

Organismo	Concentración, número/ml
Coliformes totales	10 ⁵ -10 ⁶
Coliformes fecales	10 ⁴ -10 ⁵
Streptococos fecales	10 ³ -10 ⁴
Enterococos	10 ² -10 ³
<i>Shigella</i>	Presentes ^b
<i>Salmonella</i>	10 ⁰ -10 ²
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10 ¹ -10 ²
<i>Clostridium perfringens</i>	10 ¹ -10 ³
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Presentes ^b
Cistos de protozoos	10 ¹ -10 ³
Cistos de giarda	10 ⁻¹ -10 ²
Cistos de cryptosporidium	10 ⁻¹ -10 ¹
Huevos de helmintos	10 ⁻² -10 ¹
Virus entéricos	10 ¹ -10 ²

Contenido En Microorganismos Metcalf & Eddy, Inc.

Tabla 3. Contenidos bacteriológicos aguas residuales vivienda

2.6.1. COMPOSICION Y LIMITACION USOS AGUAS RESIDUALES VIVIENDA

En la composición media de las aguas residuales de una vivienda plurifamiliar o unifamiliar, analizando las tablas de contenidos físico-químicos y bacteriológicos según tabla 3 (Metcalf & Eddy, 1991)³, se desprende:

- 1) la inexistencia, o **bajo contenido de oxígeno disuelto** en las aguas que se recogen de estas viviendas, lo cual favorece su degradación anaerobia y la consecuente generación de malos olores.
- 2) La **ausencia de elementos tóxicos** que puedan inhibir el desarrollo de microorganismos degradadores, siendo todas las sustancias disueltas, incluso detergentes, altamente biodegradables;
- 3) Una **temperatura y pH que favorecen la generación de microorganismos**, (20 °C y un pH próximo a 7), que son prácticamente constantes en las viviendas, con independencia de su ubicación y condiciones climáticas
- 4) La **presencia de grasas y residuos sólidos**, no disueltos en el agua, que se predisponen a la sedimentación y flotación, respectivamente.

Como hemos indicado, para que un agua pueda ser reutilizada para un fin determinado, **debe cumplir unas condiciones sanitarias**, que asegure que el uso de éstas no sea un peligro para la salud pública.

El destino habitual de las aguas residuales procedentes de edificación residencial, es que se recojan en una única red todas sus aguas residuales (fecales y grises), tratando de alejar y ocultar estos “residuos inservibles” y las conecten a: saneamiento urbano, acequia o cauce, a la misma parcela.

La Normativa existente determina claramente la calidad de las aguas depuradas según sea el destino final de las mismas:

- **Vertido a saneamiento**, caso de núcleos urbanos
- **Vertido a Cauce** o acequia más cercana, caso viviendas unifamiliares aisladas o en zonas rurales (para éstas también existiría la posibilidad de pozo filtrante o fosa séptica en la misma parcela)
- **Reutilización**

³-Metcalf & Eddy, 2002, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*.

La salud pública es competencia de las tres Autoridades: Estatal, Autonómica y Municipal, por ello la tendencia es ser muy restrictivo con el cumplimiento de la Normativa, imponiendo numerosas y exigentes medidas de seguridad incluso a nivel de usuario particular o unidad doméstica.

Los parámetros menos restrictivos son los correspondientes al vertido a saneamiento, mientras que los más exigentes se asocian a la reutilización para torres de refrigeración y condensadores evaporativos.

Para el vertido a saneamiento urbano, las aguas procedentes de una vivienda no están limitadas por ninguna lista de parámetros. Si se trata de vertido a cauce, normalmente Rambla, acequia o pozo filtrante, se marcan unos parámetros mínimos exigibles que marca RD/1620/2007.

El traslado de las aguas residuales de la vivienda hasta una acequia no se considera vertido. Se trata de una actuación que debe estar autorizada por la Comunidad de Regantes y, en su caso, requerirá la correspondiente autorización de reutilización a la referida Comunidad.

Por último, la calidad necesaria para reutilización en jardines privados o descarga de aparatos sanitarios es prácticamente igual de exigente que la necesaria para las torres de refrigeración (los más exigentes), y responde a los siguientes valores máximos admisibles que marca RD 1620/2007:

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES ¹	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
1.- USOS URBANOS					
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL ² a) Riego de jardines privados. ³ b) Descarga de aparatos sanitarios. ³	1huevo/10 L	0(UFC ⁴ /100 mL)	10 mg/L	2 UNT ⁵	OTROS CONTAMINANTES ⁶ contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas ⁷ deberá asegurarse el respeto de las NCAs. ⁸ Legionella spp. 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)

Real Decreto 1620/2007

Consultadas varias fuentes los mínimos planteados para uso interiores no potables (llenado cisternas) y riego de jardín serían lo que marca la tabla 4 y hasta dónde deberíamos llegar a la reducción de los contaminantes de las aguas grises para su empleo.⁴

Parámetro	Medida	Aguas grises	Inodoros	Riego	Reducción
DBO ₅	mg/litro	55	≤10	<25	81.8
DQO	mg/litro	110	-	-	-
SS	mg/litro	42	≤10	<25	76.2
Turbidez	NTU	≥4	≤2	≤2	≥50
pH	-	7.36	6-9	6-9	-
N total	mg/litro	8.7	-	-	-
P total	mg/litro	2.3	-	-	-
Coli. Fecal.	Ud/100 ml	-	0	≤200	-
Nematodos	Ud/litro	-	0	≤1	-

Tabla 4. Parámetros contaminantes de las AG y mínimos exigidos para riego e inodoros

De esta aportación de datos podemos sacar dos conclusiones:

- a) Aunque el propósito de la instalación de un sistema de reutilización de aguas sea doméstico (para toda tipología edificatoria, incluso vivienda unifamiliar) la legislación vigente es el RD 1620/2007, quien especifica la calidad del agua reutilizada en función a su uso y los parámetros a alcanzar, siendo muy restrictiva para usos como riego y llenado de cisternas, en cuanto a limitación de carga viral contenida.
- b) Los sistemas o tecnologías de reutilización de los distintos fabricantes, deben cumplir con la Normativa para poder ser comercializados, y no todos llegan a alcanzar los parámetros de reutilización marcados por el RD 1620/97, dependiendo del caudal de tratamiento, de la carga contaminante, etc. En ocasiones hay que precisar de tratamientos de afino adicionales.
- c) La Normativa no impone ni descarta la implantación de ninguna técnica

⁴ DBO= Demanda Biológica oxígeno: DBO, indica materia orgánica presente agua

DBO5= Oxígeno consumido medido en la degradación de sustancias oxidables agua, acción microbiológica

SS= Sólidos en suspensión,

determinada. Estableciendo únicamente limitaciones relativas al impacto de sus propias instalaciones.

Según Javier Fabregas⁵:

“Se podría decir que la Normativa aprobada parece disuadir a los usuarios para que no reutilicen sus aguas debido a la imposición de numerosas y exigentes medidas de “seguridad”.

No obstante, si nos pueden exigir la depuración de las aguas residuales generadas hasta conseguir los parámetros de vertido, bien al saneamiento urbano, bien a cauce.

Es muy frecuente, dentro de la misma Administración, que unas Secciones promuevan insistentemente la necesidad de reutilización, y otras, las que ostentan la competencia, exijan unas condiciones que a nivel doméstico suelen ser muy difíciles de conseguir.”

(Javier Fábregas, Mayo 2009, conferencia 04/09 curso cíclico Colegio Oficial de Aparejadores y arquitectos técnicos Murcia)

2.7. CONTEXTO MARCO URBANO.

La planificación de la ciudad marca la sostenibilidad del recurso hídrico.

Actualmente, la mayoría de las ciudades europeas cierran el ciclo de agua vertiéndola al río o al mar, previo tratamiento plantas depuradoras y bajo cumplimiento normativa.

Como hemos comentado, en las tipologías edificatorias estudiadas, toda el agua residual (grises y negras) son vertidas al mismo saneamiento, convirtiéndose por tanto en negras. Esto indica, grandes infraestructuras en plantas depuradoras o EDAR, mayores costes energéticos y de explotación.

Los ecosistemas urbanos tienen un ciclo hidrográfico complejo. Por un lado hay un ciclo natural de lluvia y evaporación y por otro unas aportaciones mayores para el consumo y circulación (abastecimiento y saneamiento) tienen lugar por subterráneos y alcantarillados.

Se ha estudiado la contaminación de la escorrentía de las aguas pluviales en las ciudades; éstas no deben ser evacuadas por las alcantarillas, pues perjudican el funcionamiento de la depuradoras y la contaminación después de las lluvias puede ser muy grande, a la vez que es la causa de inundaciones a veces catastróficas junto a la impermeabilización extensa de los pavimentos urbanos.

⁵ Javier Fábregas, 2003, *Apuntes depuración aguas residuales domésticas*

Hoy en día las nuevas técnicas para resolver estos problemas se deben basar en sistemas urbanos de drenaje sostenible, retención de aguas pluviales (cubetas de retención, depósitos) y no en el concepto de “evacuar lo más rápido posible. Esta agua posteriormente puede usarse para regadío de jardines, baldeo, campos de deportes, etc.

Por otro lado, son muchos los partidarios de que una posibilidad de racionalizar y mejorar la sostenibilidad del proceso y la reducción del agua potable, estaría en conseguir que las compañías suministraran a los edificios dos calidades distintas de agua, una apta para el consumo humano (potable) y otras para inodoros, lavar, regar, etc. (semipotables), al igual que ocurre en ciertas ciudades dónde a través de una red separativa urbana se realiza el riego y limpieza de calles.

Este concepto, implicaría un nuevo diseño urbano, que permitiera introducir los elementos infraestructurales indispensables. Pero la realidad es que a día de hoy se sigue debatiendo la viabilidad de la implantación de estas redes. Sería menos complejo realizarlas en ciudades o núcleos urbanos nuevos que ya existentes, de nueva planificación, dónde además como hemos visto la existencia no sólo de redes de abastecimiento separativas sino también de redes colectoras, unas para aguas residuales y otras pluviales podría llevarse a cabo.

Esta en juego la optimización del aprovechamiento de las aguas potables, y la obtención de autosuficiencia de la demanda hídrica doméstica y urbana.

Mientras tanto, asumiendo la realidad actual, en que dichas redes separativas no existen en España, y que seguimos recibiendo suministro de agua de una sola calidad (agua apta para el consumo humano), debemos fomentar la reutilización de aguas residuales grises (duchas, bañeras, lavabos) para ser empleadas por ejemplo en cisternas de inodoro, limpieza o riego.

Combinado éstas con otra fuente alternativa para el consumo, proveniente de la recogida de pluviales en las cubiertas de los edificios, técnica de la arquitectura vernácula y abandonada en nuestros días.

2.8. CONTEXTO COYUNTURAL. CRISIS ECONOMICA Y DEL SECTOR.

El momento actual, de crisis económica financiera en los países europeos fundamentalmente y particular en España, tampoco ha favorecido el fomento e implantación de sistemas de reutilización de aguas domésticas en tipologías edificatorias.

No debe sonar a excusa el que actualmente la crisis instalada en el sector de la construcción en España, sea una de las mayores conocidas a escala nacional; pero también es cierto que aunque en los últimos años de bonanza económica y boom inmobiliario (2000-2006) se construyeran más de 1 millón y medio de viviendas de diversas tipologías residenciales, no se impusieron límites restrictivos en parámetros mínimos o número de viviendas promovidas que incorporaran sistemas de reutilización de aguas.

¿Por qué las medidas que hoy empiezan a surgir en determinados Municipios de España, no se impusieron entonces ante una avalancha inmobiliaria? Es cierto que la normativa de hoy que rige el sector de la construcción CTE (Código técnico de la edificación) empezaba a dar sus primeros pasos como normativa obligatoria a mediados de 2006 (precisamente cuando se destapó la crisis) y en concreto Documento básico de Salubridad, DB-HS4 y DB-HS5, a finales de Marzo de 2007.

Todos sabemos, que a partir de entonces la tan denostada “burbuja inmobiliaria estalló” y la promoción pública y privada se vino abajo, y la poca que quedaba, se apoyaba en periodos transitorios de aplicación de CTE, ó en todo caso, el promotor privado, no estaba por la labor, o los agentes de la edificación no sabían a que atenerse.

No es una casualidad, que a partir de ahora debemos introducir en nuestras promociones incentivos que fomenten una arquitectura sostenible, respetuosa con el Medio ambiente y el entorno, que aplique principios de arquitectura vernácula sin por ello renunciar a los avances tecnológicos en la edificación a nivel de confort, pero responsable y a precios competitivos. Esta arquitectura sostenible, la de nuestros abuelos, con sus pozos aljibes y sus riegos de cultivos con aguas reutilizadas, ya se hacía entonces, ahora hay que redescubrirla con los mimbres del pasado.

Los sistemas de reutilización de aguas residuales domésticas, deben formar parte de las próximas tipologías edificatorias sostenibles, y todos los agentes de la edificación debemos velar por su fomento y cumplimiento, empezando por la Administración.

Como demostraremos más adelante, es realmente una exigencia ineludible el regenerar las aguas residuales para usos no potables en el interior de nuestros edificios.

2.9. ¿POR QUE REUTILIZAR LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS?

Llegados a este punto, y después del planteamiento y estado de todos los frentes del marco teórico o escenarios posibles entorno a la reutilización de aguas residuales domésticas, aplicadas a las tipologías edificatorias residenciales, cabe preguntarnos:

¿Por qué reutilizar las aguas residuales domésticas? Como hemos visto, fundamentalmente existen dos grandes justificaciones (después del análisis realizado) para responder esta pregunta: **Económicas** y **Sociales**

Desde el punto de vista económico, el objetivo principal de la reutilización de agua residual en tipologías edificatorias residenciales es disminuir las necesidades de agua potable (mediante la reutilización de aguas grises, provenientes principalmente de lavabos y duchas), en al menos un 50%, para la descarga de aparatos sanitarios y el riego de jardines, siendo los costes principales, la ejecución y mantenimiento de la correspondiente depuradora, y la realización de redes independientes de suministro. (**costes de implantación y explotación**)

Lo más frecuente es fundamentar la decisión de reutilizar en función de un balance positivo entre los gastos y los ahorros conseguidos (**argumentos económicos= viabilidad**). Los gastos suelen ser muy semejantes en todos los municipios (Capítulo 3 procesos de tratamiento y sistemas) mientras que los ingresos y ahorros conseguidos (traducidos en m³ de agua) varían notablemente dentro del territorio nacional debido a la disparidad existente tanto en los precios del agua potable como en los del agua de riego como vimos en el anterior apartado 2.4..

Otros potentes argumentos que justifican la reutilización incluso con balance económico negativo (poco probable) son los **Sociales**:

- a) **Cuando la Normativa obliga a la depuración y/o reutilización**, es decir la Administración debe decantarse y considerar el suministro de dos redes urbanas de agua independientes y/o fomentar mediante exenciones fiscales u ordenar mediante reglamentos de obligado cumplimiento, la implantación de sistemas de reutilización de aguas residuales domésticas. Según hemos deducido, es mucho más viable a corto plazo, el fomento de la implantación de estos sistemas que la doble red separativa urbana; pues la primera depende casi exclusivamente de la propiedad del edificio y no supone implicaciones sanitarias más restrictivas.

Es por ello, que están surgiendo las primeras ordenanzas que implican obligatoriedad (la mayor parte de los Municipios recomiendan y otros los ofrecen en forma de ayudas) en edificios a partir de un número de viviendas u otros parámetros, no concediéndose los preceptivos permisos de obras si

en el proyecto no se incluye el sistema de reutilización de aguas. Lo mismo ocurre en viviendas unifamiliares en parcelas aisladas (ver anexo 1).

b) Cuando existe una costumbre-cultura arraigada en núcleos poblacionales.

La depuración de aguas residuales y su reutilización con fines agrarios ya se practicaba en las Antiguas Grecia y Roma, aunque con niveles de calidad muy distintos a los actuales. Por ejemplo en Murcia, la historia del agua reciclada para riego agrícola se remonta al siglo XII donde los habitantes de la Cuenca del Segura utilizaban hasta tres veces las aguas del río mediante un sistema de acequias y azarbes o drenajes, donde agua sobrante se devolvía al río.

Hoy día todavía están vigentes en los riego, las Ordenanzas de la huerta de Murcia, y esas costumbres heredadas han sido transmitidas con el fin de lo que hoy llamamos “uso sostenible de recursos”.

Es por tanto, que esa concienciación social existe e involucra a vecinos del mismo núcleo poblacional, por lo tanto sólo se trata de potenciar y fomentar esa cultura del agua, mirando atrás hacia esa arquitectura vernácula (depósitos para pluviales, aljibes de nuestros abuelos) sin renunciar a las tecnologías avanzadas, responsables y a precios competitivos.

c) En lugares de escasez de recursos hídricos.

d) Cuando se invocan objetivos medioambientales

e) Cuando se invocan objetivos lúdicos.

En el caso de los puntos c) y d) en la regiones del Mediterráneo español, en la actualidad, si bien es la perspectiva económica la principal motivación para realizar su depuración, no es menos cierto que la degradación medioambiental ha sido la gran impulsora de su proceso de reciclado a fin de aportar al río aguas de calidades similares a las primitivas, evitando que los vertidos urbanos, que tradicionalmente se hacían a los cauces de ríos y ramblas, provoquen una excesiva concentración de aguas contaminantes.

Al emplear aguas reutilizadas, desciende el consumo de recursos hídricos provenientes de ríos, cauces, lagos, acuíferos naturales, etc., contribuyendo a su recuperación y la vegetación de cuencas. La vegetación es básica para que la existencia de un suelo pueda retener el agua, controla el flujo de agua de los ríos y contribuye a su regulación. Si se recuperan ríos y vegetación de ribera se ganarían áreas recreativas en núcleos urbanos, conectando espacios naturales con la ciudad.

Finalmente en cuanto al punto e) La depuración tiene mucho interés por motivos de ocio, ejemplo para riego de jardines públicos, campos de golf u otros espacios públicos ó privados. Las aguas de riego deben proceder de la reutilización de aguas residuales domésticas, más o menos depuradas, evitando la sobreevaporación y el encharcamiento para evitar la salinización del suelo. La legislación actual prohíbe el uso de agua potable para riego de campos de golf, ya que es poco recomendable al ser un bien escaso y de elevado coste. Los pozos son el sistema más utilizado; el problema es la sobreexplotación de los mismos, que en áreas costeras favorece intrusiones marinas y por consiguiente implica la salinización progresiva del pozo.

En conclusión, en la actualidad existe tendencia a la concienciación social, y en aumento, por la correcta depuración de las aguas residuales domésticas-urbanas e industriales.

El objetivo en este caso es la reutilización de las aguas depuradas para usos no potables en zonas áridas o con déficit de recursos hídricos, y en base a un criterio de actuación ecológica, de respeto por el medio ambiente **que más agrada a los humanos**.

La Ley exige la instalación de depuradoras, la sociedad las demanda, pero la misma sociedad reclama que estas instalaciones no atenten en si mismas contra el Medio ni contra el bienestar social, reclamando concienciación social para los recursos hídricos.

Por ello, junto a los sistemas de reutilización basados en técnicas y/ó procesos físico-químicos (tecnologías convencionales) están surgiendo otras basadas en la depuración natural (no convencionales). Se analizaran Bloque II

CAPITULO 3. REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y PLUVIALES. PROCESOS DE TRATAMIENTO CONVENCIONALES.

3.1. REUTILIZACION DE AGUAS GRISES

Como ya indicamos, en apartados anteriores, una gran parte del consumo de agua potable doméstico, es empleado para usos dónde no se requiere agua potable (inodoros, lavadoras, riego de jardín, etc.), o mejor dicho su calidad; éstos usos pueden ser sustituidos por aguas grises previamente tratadas.

Estas aguas grises (ducha, bañera, lavabo, las menos contaminadas), representan entorno al 50% del agua vertida al saneamiento común de una vivienda, ya que como actualmente no existe sistema separativo de saneamientos (grises y negras) finalmente se mezclan con las procedentes de inodoros, cocinas, etc., convirtiéndose en negras o de difícil depuración y aprovechamiento.

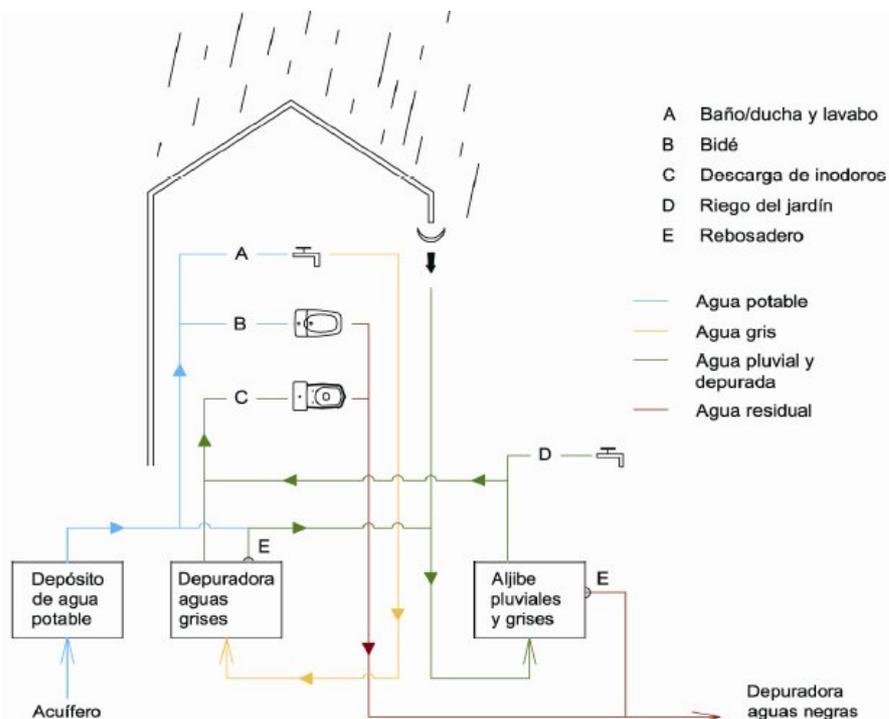


Figura 1. Esquema aprovechamiento aguas grises y pluviales

Justificada la idoneidad y problemática actual de una red separativa de abastecimiento general (potable y semipotable) por parte de Ayuntamientos y compañías, la condición previa por la que apostamos en este trabajo de investigación, es por tanto un **sistema-instalación interior de conducciones separativas por donde desaguan las grises** (independientes a las negras) hasta llegar a unos depósitos (situados preferentemente en sótanos protegidos del sol y una humedad constante), dónde se lleva a cabo una serie de procesos de

tratamiento que constituyen la depuración. Depuradas éstas, se conducirán por tuberías independientes a las potables, hacia las cisternas de inodoros y bocas, puntos de riego y/o limpieza.

Finalmente las negras se conectarían a saneamiento general, así como el sobrante en exceso de grises que se hayan podido producir, para evitar el rebosamiento del depósito. (Ver figura-esquema 1)

3.2. PROCESOS DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACION AGUAS GRISES.

3.2.1. FISICO QUIMICOS aplicados a tipologías edificatorias

Las aguas grises contienen sólo 1/10 de nitrógeno comparado con las aguas negras. Nitrógeno (como nitrito y nitrato) es el más serio y difícil de retirar como agente de polución que afecta al agua potable. Las aguas grises contienen bastante menos nitrógeno y no es necesario que lleve el mismo proceso de tratamiento que las aguas negras.

Aunque las aguas negras son la fuente más importante de los patógenos humanos, las aguas grises sépticas si se dejan durante más de 48 horas sin tratar, pueden ser también mal olientes como cualquier agua residual y pueden contener bacterias anaeróbicas, alguna de las cuales podrían ser patógenos humanos.

Así pues si por un lado evitamos el contacto al separarlas y por otro sometemos a un rápido proceso de tratamiento a las aguas grises, antes de alcanzar el estado anaeróbico procuraremos el éxito.

Además el contenido orgánico típico de las aguas grises se descompone mucho más rápido que el contenido típico de las aguas negras, cuando las grises han alcanzado el 90% de su descomposición con el contenido de oxígeno a los 5 días (DBO5), el de las negras es sólo el 40% .

Por lo tanto, las aguas grises y negras son tan diferentes, que parece lógico separarlas y tratarlas separadamente por el bien de la protección de la salud y como ahorros significativos.

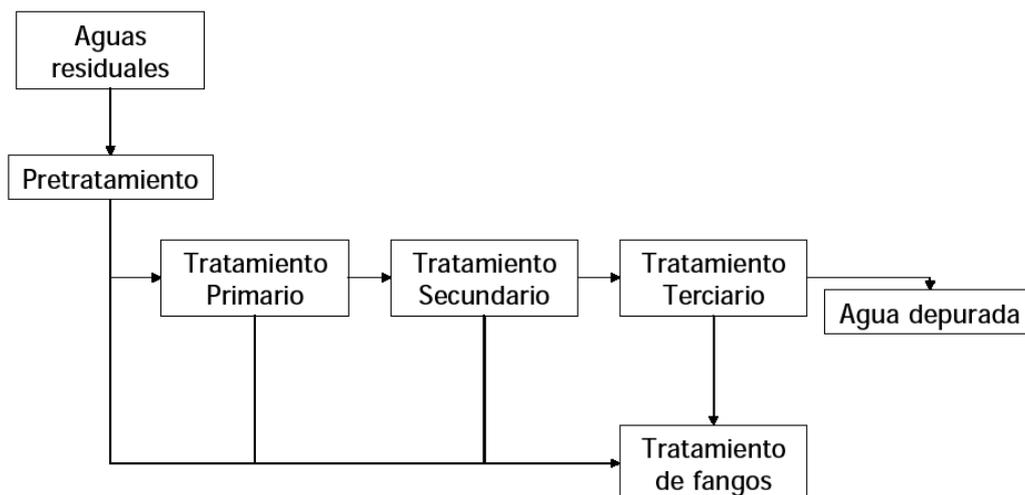


Figura 2. Esquema Fases proceso depuración aguas residuales origen urbano

En líneas generales, la depuración de aguas residuales urbanas (industrial y doméstica) es un proceso secuencial similar al de cualquier industria; pues se dispone de una materia prima, las aguas residuales, un producto, el agua tratada y unos subproductos, los fangos, residuos, arenas.

Dicho de otra manera, mediante el oportuno tratamiento se obtendrá un producto principal y otros secundarios.

El proceso de depurado es como muestra la figura 2.

Estas fases o procesos a los que se someten las **aguas residuales** son básicamente **procesos físicos y químicos**, (los más utilizados a escala urbana y doméstica) y cada uno de ellos será más costoso y con técnica más sofisticada cuanto mayor sea la contaminación del agua y cuanto mayor calidad de agua tratada queramos obtener.

Para el caso propuesto de depuración de **aguas residuales grises**, el proceso sería mucho menos complejo, al necesitar menos tecnología para obtener una calidad aceptable (no potable) según parámetros de calidad marcados (uso cisternas inodoros y riego), sobre unas aguas poco contaminadas.

La normativa vigente podría definir estos tratamientos como terciarios [Directiva 91/271/CE], o de afine. También como aquellos asignados a conseguir un efluente de calidad destinado a la reutilización. Para este Trabajo de investigación, los procesos de **filtración y adsorción** se considerarán como aquellos que nos van a proporcionar un recurso doméstico con unas características compatibles y aceptables para su reciclaje a falta, como mínimo, de un proceso de desinfección

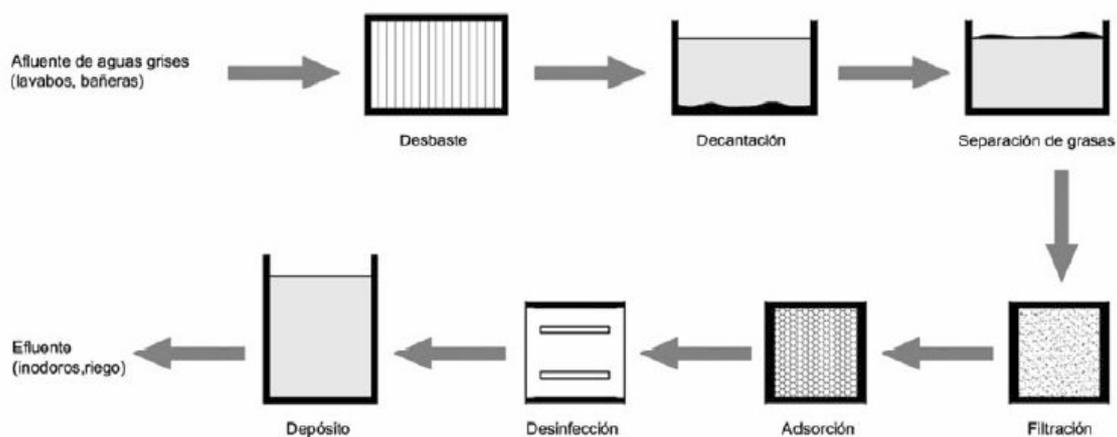


Figura 3. Esquema fases procesos fisico-químico depuración aguas grises origen doméstico

Se fija pues como imprescindible un **tratamiento base** donde se reducen en su mayoría los principales parámetros contaminantes (microbiológicos y químicos) y una **desinfección final**.

Al mismo tiempo, la depuración precisa de procesos anteriores y posteriores al tratamiento principal que aseguren la eficacia y el buen funcionamiento del sistema. Como tratamientos previos se incluyen la siempre necesaria reja de desbaste, seguida de un depósito donde, a la vez que se almacenan las aguas para su posterior bombeo al proceso de filtración y adsorción, se decantan los grandes sólidos y se separan las grasas.

Cabe mencionar la importancia que le dan los autores consultados a una desinfección final del agua tratada para asegurar la asepsia de ésta. Algunos fabricantes apuestan por la desinfección por radiación ultravioleta consistente en la inactivación de los microorganismos patógenos presentes en las aguas a través de una lámpara de mercurio. Otros incluyen cloro u ozono.

Después de todo el proceso, el agua se almacena en un depósito (ubicado en zona oscura y fría, preferentemente sótanos) hasta ser bombeada a los inodoros, aljibe, bocas de riego, etc...

La línea de depuración queda pues separada en dos tramos diferenciados: el de conducción por gravedad, donde no existe gasto energético, que incluye el pretratamiento de desbaste y los tratamientos primarios de decantación y desengrasado; y el tramo a presión, desde el mismo módulo donde se ubica el decantador-separador, que incluye un puesto de bombeo, pasando por la filtración-adsorción y la desinfección (tratamiento terciario) hasta el depósito de almacenamiento, según figura 3.

Finalmente destacar que dentro de los procesos físico-químicos existen multitud de posibilidades en torno a los tratamientos de aguas grises, de los cuales los fabricantes aplican, no siendo éste objetivo de este trabajo, pero que a modo esquema (según bibliografía consultada), indicamos:

Físico – químicos

• Filtración:

- Mallas (25 – 500 µm)
- Filtros de arena
- Ultrafiltración
- Carbón activo

• Coagulación – floculación:

- $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$
- $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$
- Polielectrolitos

3.3. COMPARATIVA REUTILIZACION DE AGUAS GRISES EN EDIFICIOS EN ALTURA (COLECTIVAS EN BLOQUE) CON UNIFAMILIARES CON JARDIN.

En este apartado, se intenta hacer una comparativa destacando las ventajas e inconvenientes de incorporar sistemas de reutilización de aguas grises en las tipologías edificatorias de viviendas colectivas o plurifamiliares (en bloque) y de las unifamiliares.

	Plurifamiliar intensiva	Plurifamiliar semi-intensiva	Unifamiliar
Consumo doméstico por cápita (lpd)	120,1 ± 47,8	147,7 ± 61,9	203,2 ± 116,4*
Superficie de la vivienda (m ²)	85,6 ± 30,5	109,6 ± 32,1	173,0 ± 67,3
Personas que habitan la vivienda	2,7 ± 1,2	3,2 ± 1,2	3,3 ± 1,3
Total de puntos de consumo	8,7 ± 2,9	10,9 ± 2,2	13,6 ± 3,9

Cuadro 7. Consumos de agua en función tipologías edificatorias. IDECAST 2006

Al compararlas (basadas en el estudio del IDECAST, se obtendrán unas conclusiones aplicables a cada tipología, partiendo de la premisa de que la utilización o **aplicación de sistemas de reutilización de aguas grises (SRAG), debe siempre ir acompañado de gestión hídrica complementaria como puede ser mecanismos de ahorro de consumo en aparatos (MA) y/ó posibilidad de sistemas de recogida de pluviales, cambio césped por jardinería autóctona, etc.** Pasemos a analizar estas conclusiones por comparativa de consumos y ahorros (Cuadros 7 y 8):

- A) En general el menor consumo (cuadro 7) sin uso de sistemas de reutilización aguas grises (SRAG) se centra en las viviendas colectivas en altura (plurifamiliares intensivas), que se ubican en núcleos urbanos compactos, de densidades altas. Dentro de las colectivas en altura, se encuentran una segunda tipología: las plurifamiliares semi-intensivas, bloques en altura que presentan equipamientos y servicios comunes como piscina o jardín.
- B) Por razones obvias, cuidado jardín y piscina, los consumos aumentan en torno a un 25% repercutido a la baja por el número de viviendas que compone el bloque. En cambio, en las viviendas unifamiliares, el consumo se dispara por los usos exteriores de jardín con césped; y llegamos al 70% por encima de las plurifamiliares intensivas.

- C) Al introducir un SRAG (cuadro 8), se obtienen unos descensos entorno al 21% en plurifamiliares intensivas y del 13% en unifamiliares, lo que indica que en la tipología dónde el mayor consumo se centra en las duchas (plurifamiliares intensivas), el introducir un SRAG, es una opción acertada.
- D) En las otras tipologías, el descenso del consumo es menor porque la base de éste es el gran aporte destinado a usos exteriores (riego jardín). En cambio, cuando al SRAG le añadimos medidas complementarias de ahorro hídrico como MA, y procuramos otras técnicas de jardinería como utilización plantas autóctonas en detrimento césped, reducción (<50%), ó sustitución de éste por pavimentos porosos, potenciar técnicas de riego como aspersión o goteo, los descensos en plurifamiliar intensiva y unifamiliar descienden de forma muy importante en torno al 35%.

Medida de ahorro adoptada	Plurifamiliar intensiva	Plurifamiliar semi-intensiva	Unifamiliar
SRAG	21%	19%	13%*
SRAG + MA	25%	35%	32%

Cuadro 8. % Disminución consumo en función medidas ahorro según IDECAST y fabricantes consultados

Con estos datos del IDECAST, el contacto con fabricantes de SRAG y bibliografía consultada, se confirman la hipótesis ya expresada por muchos autores acerca del mayor consumo que se produce en las viviendas unifamiliares, especialmente por el peso de los usos exteriores.

Es aquí por dónde se debe empezar a obligar con cumplimientos (en bajas densidades con reclamos inmobiliarios de jardín con piscina), y así Comunidades Autónomas como Cataluña, entre otras medidas, se contempla la obligación de que **todos los edificios plurifamiliares con menos de siete viviendas, zona verde de más de 100 m² y piscina superior a 30m²**, incorporen un sistema de reutilización de aguas grises, otro de aprovechamiento de agua de lluvia y un sistema para la reutilización del agua sobrante de piscinas.

Merece la pena reflexionar sobre el consumo privado de jardinería, entorno a los 75lpd (litros/habitante/día) que pueden llegar a ser superiores en viviendas unifamiliares de clases sociales altas. Cuando se están estableciendo políticas de

gestión de recursos hídricos, no es de recibo, que estas tipologías edificatorias, se permitan este derroche hídrico en un uso particular y no colectivo. Se impone pues, medidas que puedan disminuir el consumo de agua en éste ámbito, además de una política tarifaria por tramos de consumo, que asegure un precio asequible para el primer tramo y penalice de forma suficiente los consumos excesivos.

El planeamiento urbano, tiene mucho que decir a esto, abogando por la ciudad compacta, típica mediterránea, menos consumidora, en contra de modelos extensibles de bajas densidades que resultan insostenibles desde la óptica de la gestión del agua.

Junto a ello, hemos comprobado que existen posibilidades de ahorro de agua según las tipologías edificatorias, incentivando los usos interiores, a través de sistemas de reutilización de aguas residuales grises, complementándolos con mecanismos de ahorro y limitación de caudal de los aparatos domésticos (grifos con perlizadores, cisternas doble descarga, etc.) y fomentando otra cultura en los usos exteriores de jardinería como plantas autóctonas, reducción área de césped o sustitución por otro tipo de superficies (pavimentos porosos, césped artificial, etc.).

Igualmente es destacable, como hemos visto, una estimación de las posibilidades de ahorro según las distintas tipologías edificatorias, no únicamente en los consumos exteriores sino también en los interiores, que ofrecen un potencial de ahorro no despreciable y muy a tener en cuenta combinado con otras alternativas de reutilización como sistemas de captación y reutilización de pluviales.

Se impone una actitud decidida por parte de la Administración.

3.5. REUTILIZACION DE AGUAS PLUVIALES

Como incluía el anterior esquema de la Figura 1, la captación de aguas pluviales es otro recurso sobre el que se puede actuar para implementar el uso sostenible del agua.

Puede ser eficazmente complementario al uso de sistemas de reutilización de aguas grises, pues los usos que se le puede dar a éste agua de lluvia recogida, y una vez depurada, prácticamente son los mismos, es decir riego de jardines, limpieza de espacios comunes, y algunos autores y fabricantes, incluyen también el llenado de cisternas de inodoros e incluso su uso en lavadoras y lavavajillas.

Es decir, podemos optar por sistemas mixtos de reutilización de aguas (residuales +pluviales) dónde después de la depuración y regeneración a que se somete cada uno de los tipos de agua son enviados a un depósito común que se encargará mediante sistemas de bombeo repartirlo a sus usos.

Aunque haya autores y fabricantes que abogan por un tratamiento conjunto, de grises y pluviales, la mayor parte son partidarios de tratamientos independientes para cada tipo de agua. Esto tiene su lógica; pues las aguas pluviales, son elevadamente limpias, con lo cual, los tratamientos que necesita para ser usada (como no potable), son bastante menos complejos que los de las aguas residuales grises. Igualmente los costes son menores, al reducirse el volumen de agua a tratar, y además menor coste energético.

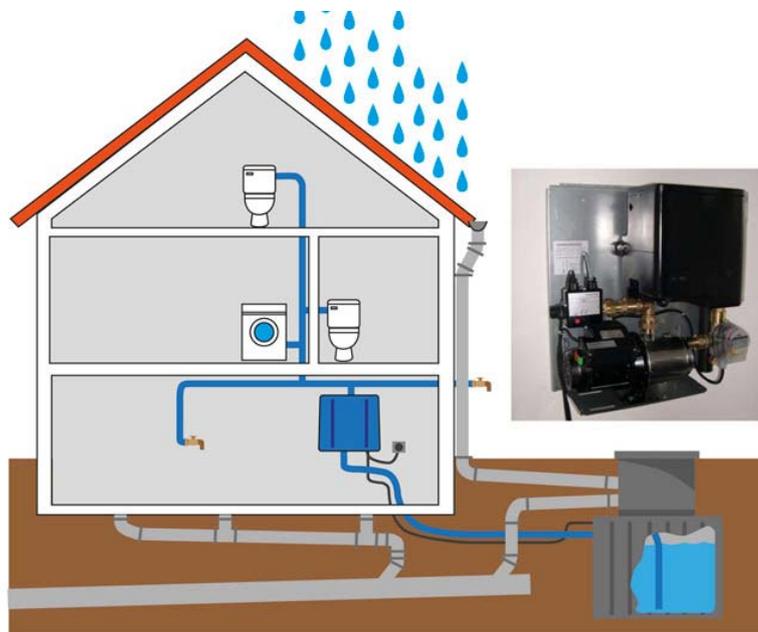


Figura 4. Esquema sistema de recogida y tratamiento aguas pluviales

3.5.1. SISTEMAS DE RECOGIDA DE PLUVIALES según sus usos.

La primera decisión que debemos tomar es si queremos aprovechar el agua de lluvia sólo para el riego de jardín o también para el uso dentro de la vivienda (lavadora, WC, limpieza en general).

La calidad del agua de lluvia siempre debe cuidarse, independientemente del uso que se le vaya a dar.

Existen soluciones adecuadas para ambas opciones, la diferencia estribará principalmente en el tratamiento de desinfección final que se le dará a las aguas antes de su entrada a las instalaciones interiores, generalmente de rayos ultravioleta, tratamiento que no es necesario en el caso del uso para exteriores.

De esta forma se asegura su potabilidad microbiológica, evitando la presencia de bacterias y cumpliendo con la normativa más restrictiva para estos usos, como se vio.

Dos son las alternativas más comúnmente empleadas en la filtración de gruesos para el agua de lluvia. Una opción es la de instalar en cada bajante un prefiltro, la otra, situar el sistema en el colector horizontal justo antes del depósito de almacenamiento.

En este caso primero, el coste será importante a la hora de la elección, pues el segundo tiene como ventaja, el ahorro que supone instalar sólo dos filtros para toda la red frente a uno en cada bajante y el hecho de tener también una sola desviación hacia el desagüe de aguas negras.

Mediante la utilización de estos filtros, se evita que la suciedad (hojas, ramas, roedores, etc.) entre en el depósito o cisterna, separar los sólidos del agua, dirigir los sólidos y exceso de agua al drenaje, etc. Ahorrar en el filtro provocará unos gastos posteriores mucho mayores.

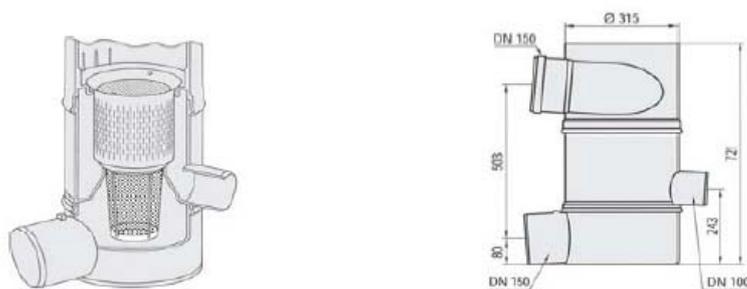


Figura 5. Filtro para aguas pluviales situado en bajante o colector horizontal

Por otro lado, a la entrada del agua al depósito se dispondrá de un mecanismo antiroedores, consistente en una eje giratorio con palas. El final de la conducción, una vez llega el agua al aljibe, irá provisto de un deflector que evitará posibles turbulencias, con el fin de no remover el fondo. Por último, se dispondrá

de un rebosadero para poder evacuar el agua sobrante en el improbable caso de que se llene el depósito.

Se hace necesario proveer al sistema de un desvío que conduzca el agua de lluvia a la línea de aguas negras. Además de posibles eventualidades, tales como problemas en los filtros, etcétera, el desvío responde principalmente a una situación concreta: la excesiva impureza del agua pluvial después de períodos secos.

El Equipo de recogida de aguas pluviales (ver Figura 4), en base a consulta a fabricantes, consta de los siguientes elementos básicos:

Canalón: Recoge el agua y la lleva hacia el depósito de almacenamiento. Previamente se aconseja poner algún sistema que evite entrada de hojas y similares.

Filtro: Para hacer una mínima eliminación de la suciedad y evitar que entre en la cisterna.

Cisterna: Depósito donde se almacena el agua ya filtrada, con rebosadero y sifón de descarga para evitar posibles derrames y la entrada de animales del exterior. Los lugares idóneos para instalarlo sería enterrarlo o emplazarlo en el sótano de la casa, evitando así la luz (algas) y la temperatura (bacterias). Es conveniente que el tubo que alimente la cisterna de agua llegue a la parte baja del depósito tenga forma de letra J para que el agua de entrada remueva lo mínimo posible el fondo de la cisterna.

Bomba: Para distribuir el agua a toda la casa, procurando que sea resistente a la agresividad del agua de lluvia. Este equipo básico se puede ampliar en diversos grados. Se puede añadir un sistema de realimentación agua de red para abastecer de agua en caso de falta de agua de lluvia –instalando un interruptor de nivel que accione la válvula pertinente–, conducir las aguas que puedan rebosar a lugares adecuados, instalar un sistema que deseche manual o automáticamente los primeros litros de agua de lavado de la cubierta, etc..

Canalón, filtro, cisterna y bomba, constituirían el equipo si éste es destinado a uso para exteriores, riego de jardines, etc. Por su parte, si el equipo, además es usado para usos interiores (llenado cisternas, limpieza, etc) al soporte de componentes básicos habría que añadirle:

Sistema de tuberías interior: separativas al agua potable y con destino al uso.

Sistema de gestión: a través del cual se tiene un control sobre la reserva de agua de lluvia y su necesidad de aporte de agua de red.

Sistema de desinfección por rayos UV: sistema que asegura la eliminación bacteriológica en cumplimiento de la normativa más restrictiva para usos interiores.

Finalmente indicar, que para que un sistema e instalación funcione adecuadamente, la captación de aguas pluviales requiere de un estudio previo, es decir una planificación de volúmenes de agua recogida.

La cantidad de agua conseguida con esta instalación se calcula de forma aproximativa, como no podía ser de otro modo debido a su naturaleza. La variabilidad es pronunciada en una zona como la mediterránea. Los datos necesarios para dicho cálculo son: la pluviometría mensual histórica, la superficie total de cubierta en proyección horizontal, las pérdidas debido a la evapotranspiración y a la captación que, depende del tipo de cubierta, y generalmente se estiman en un 15%, y las pérdidas por la desviación al desagüe en el proceso de filtración de gruesos, un 10%.

Para cada mes, el volumen de agua captada se calcula con la fórmula:

$$V = P \cdot S \cdot c$$

dónde P es el agua caída en l/m².mes, S es la superficie de captación y 'c' es el coeficiente debido a las pérdidas totales, 0.765 según lo dicho anteriormente.

Con éste cálculo, los fabricantes dimensionan adecuadamente el depósito, aljibe, cisterna, etc., que emplearemos para almacenaje, decidiendo en que medida va a complementar el suministro de agua red municipal, y por lo tanto conociendo el ahorro que de ésta se puede general en función a los usos y consumos

3.5.2. COMPARATIVA REUTILIZACION DE AGUAS PLUVIALES EN EDIFICIOS EN ALTURA (COLECTIVAS EN BLOQUE) CON UNIFAMILIARES CON JARDIN.

En este apartado se intenta hacer una comparativa intentando destacar las ventajas e inconvenientes de incorporar sistemas de reutilización de aguas pluviales en las tipologías edificatorias de viviendas colectivas o plurifamiliares (en bloque) y de las unifamiliares según toda la bibliografía consultada y fabricantes.

Al compararlas se obtendrán unas conclusiones aplicables a cada tipología.

Tipología edificatoria	Superficie cubierta (m ²)	Agua recogida (m ³)	Nº viviendas	Agua/viv(m ³)
Unifamiliar	250	69.04*	1	69.04
Plurifamiliar intensiva/semiintensiva*	900	248.54*	24	10.35

Cuadro 9. Volumen de captación de aguas pluviales y repercusión por vivienda según tipología

*en este caso la variable de zonas comunes exteriores transitables (jardín, pozos de captación) en semiintensiva, no se considera, pues el volumen de agua a captar se considera exclusivamente de la zona de cubierta del edificio. Por ello a estos efectos ambas tipologías resultarán idénticas. Supongamos edificio en bloque 6 plantas, con 4 vivs/planta.

*Aplicación coeficiente corrector de evotranspiración y pérdidas $c = 0.765$

-Precipitación media anual Murcia año 2009: 3611/m²

Pasemos a analizar estas conclusiones por comparativa de captación de pluviales, para una misma zona pluviométrica mediterránea, por ejemplo Murcia, según cuadro 9:

- A) En general, las tipologías constructivas horizontales predominantes (vivienda unifamiliar) son favorables a la hora de captación o recogida de pluviales, frente a las colectivas en altura, cuya repercusión de volumen de agua captado por vivienda es relativamente bajo y apenas solventaría parte del consumo exterior o jardín. (ver tabla1 consumos)

Además, según estudios de fabricantes consultados, para tipologías en bloque mediterráneas, los sistemas de recogida de pluviales no resultan rentables, si la gestión de ahorro hídrica solo considera esa propuesta, pues la inversión del equipo (capacidad del depósito, sistema separativo de tuberías interiores, sistema de bombeo, etc.) unido a superficie ocupada, es alta frente a la repercusión de volumen de agua reutilizada por vivienda.

- B) En cambio para vivienda unifamiliar, observamos que de los 69.04 m³ captados al año, considerando una vivienda con jardín y vegetación de aproximadamente 100m² (típica vivienda unifamiliar aislada con parcela) y un consumo de 250 l/h/d, quedarían satisfechos los consumos de exterior jardín/persona (4%) e interiores de llenado de cisterna/persona (30%) quedando todavía excedente al día/persona para otros usos.

Además el coste del equipo, (necesidad de un depósito mínimo de 1-2 m³) se puede rentabilizar entorno a los 7 años según algunos fabricantes, y éste podrá ser menor si las Administraciones promueven ayudas para fomentar la implantación de éstos sistemas o exenciones fiscales; lo que unido al precio del m³ del agua en alza, es más que probable que la rentabilidad pueda verse adelantada.

En definitiva, los sistemas de captación y reutilización de aguas pluviales resultan muy prácticos para viviendas unifamiliares que por su tipología constructiva (predominantemente horizontal) y su repercusión de captación, unido a un coste o inversión razonable, resultan viables a la hora de destinarlos a consumos como riego para exteriores e incluso llenado de cisternas.

Por otro lado, en cuanto a su viabilidad para la tipología edificatoria en bloque (varias alturas), estos sistemas resultan muy poco prácticos, pues apenas tienen repercusión en el destino de consumos, así como el coste es elevado por la instalación a realizar. Ahora bien, estos sistemas si pueden resultar viables y por tanto rentables si se combinan con sistemas de reutilización de aguas grises, a modo de sistema mixto (Ver capítulo 4)

Finalmente en ésta última línea, indicar que hay autores que no apuestan por la utilización de sistemas de captación y reutilización de aguas pluviales en bloques de núcleos consolidados o ciudad compacta, pues plantean que el agua recogida presenta demasiadas impurezas por el alto grado de contaminación, y esto revierte en un mayor grado de depuración con el consiguiente coste energético si ya de por sí resultaba poco rentable.

A su favor, podemos deducir, que en ciudades con densidades bajas o tipologías edificatorias extensibles (las menos sostenibles), si resultan interesantes estos sistemas de captación de pluviales; y en otros ejemplos de ciudad con viviendas de poca altura pero altas densidades (compacta) ejemplo de las ciudades alemanas de Stuttgart, Bremen y Duisbourg ya se benefician, con subvenciones de hasta el 50% de la inversión a los edificios con cubiertas ajardinadas y recuperación de pluviales. Se lucha de esta forma también contra la impermeabilización del suelo, fenómeno muy presente en la ciudad compacta.

CAPITULO 4. EVALUACION PRACTICA-COMPARATIVA DE SISTEMAS DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES DOMESTICAS Y PLUVIALES SEGÚN TIPOLOGIA EDIFICATORIA.

Finalmente este último capítulo está destinado a evaluar la viabilidad (desde el ahorro de agua) de la implantación de un sistema de reutilización de aguas residuales en las dos tipologías estudiadas: viviendas unifamiliares con jardín y plurifamiliares (colectivas en bloque). Para ello se adoptan 2 casos reales de promociones realizadas en la Región de Murcia, y se someten a estudio en sus tres versiones:

1. instalación de sistema de reutilización de aguas grises
2. instalación de sistema de reutilización de aguas pluviales
3. instalación de sistema de reutilización de aguas grises y pluviales

4.1. CASO PRACTICO DE SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y PLUVIALES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR. 25 viviendas unifamiliares adosadas con garaje común. Molina de Segura

Tipología edificatoria	Viviendas unifamiliares adosadas (2 plantas + sótano) Categoría a alta
Emplazamiento	Molina de Segura (Murcia), Urbanización Altoreal
Nº viviendas	25
Tipo cubierta/ superficie	Inclinada a 2 aguas/ 100 m2
Usos exteriores/vivienda	Jardín privado 30m2 (70% césped)
Usos interiores/vivienda	Baños: 3 WC + 3 lavabos + 2 bañeras + 1 ducha + 2 bidés Cocina: Fregadero + lavadora + lavaplatos Riego: 1 Grifo
Usos comunes	Limpieza garaje común
Precipitación anual	Molina de Segura 2009= 361.4mm

Como veíamos en el apartado 2.4.1, uno de los puntos de partida a la hora de acometer una estrategia de planificación para el ahorro, aprovechamiento y reciclaje de aguas residuales, será el conocimiento de los diferentes consumos y demandas. En nuestro caso, se debería estudiar por un lado el consumo doméstico en función a la tipología edificatoria de viviendas unifamiliares adosadas (consumos interiores) y, por otro, el agua demandada para exteriores (riego del jardín).

El consumo interior se estudia a partir de datos estadísticos que servirán de hipótesis de partida (ver tablas 1 y 2, distribución de consumos medios, con relativas modificaciones en función a bibliografía y fabricantes) adaptada a la tipología en cuestión.

TOTAL	WC	DUCHA*	LAVABO	COCINAR/BEBER	LAVADORA	LAVAPLAT	JARDIN	Limpiez garaje
100%	30%	35%	6%	2%	11%	4%	10%	2%
250	75	87.5	15	5	27.5	10	25	5

*se entiende el consumo de bañera por ducha

Por otro lado, se establece unos porcentajes de volumen de aguas grises con posibilidad de ser reutilizadas, es decir la de duchas y baños; según los sistemas de reutilización de fabricantes consultados se estima entorno al 80%. (de duchas + lavabos)

En cuanto a la cantidad de aguas pluviales captadas, como ya vimos en el apartado 3.5.1, depende además de la superficie de cubierta y del índice pluviométrico de la zona, de otros factores ya comentados que aconsejan un aprovechamiento en torno al 80%. (Sup. Cubierta x Precipitación anual)

Luego :

Vol. aguas grises a reutilizar: $80\% \cdot (duchas + lavabos) = 0.8 \cdot (87.5 + 15) = 82m^3$

Vol. aguas pluviales a reutiliz: $80\% \cdot (S.Cub \cdot Precp. A.) = 0.8 \cdot (100 \cdot 361.4) = 28.91m^3$

Analicemos los tres casos:

4.1.1. Instalación de sistema de reutilización de aguas grises:

En este caso, la reutilización de aguas grises (82m³), puede ser destinada al consumo de llenado de cisternas (75m³) y limpieza de zonas comunes como el garaje (5m³), sobrando aún un remanente de 2m³ para otros usos comunes.

En este caso, no habría posibilidad de riego de jardín (25m³).

Del consumo medio establecido total (250m³) para esta tipología de viviendas unifamiliares con jardín, estaríamos ahorrando con un sistema de reutilización de aguas grises un **32.8%** por vivienda

4.1.2. Instalación de sistema de reutilización de aguas pluviales:

Para este caso, la reutilización de aguas pluviales (28.91m³), lo lógico, es que fuera destinada al riego del jardín privado (25m³) dejando un excedente de 3.91m³ para limpieza común de garaje. No lo creemos conveniente que este excedente fuera destinado al llenado de cisterna (70m³), apenas imperceptible e inviable por el coste de las conducciones separativas.

Tampoco creemos que los 28.91m³ se destinaran exclusivamente a inodoros (70m³), pues la instalación resultaría algo más viable si en todo caso todo el consumo fuera satisfecho.

Así pues, el uso sería definitivamente el planteado inicialmente, riego jardín privado; y por lo tanto estaríamos ahorrando con un sistema de reutilización de aguas pluviales un **11.54%** por vivienda, lo que nos parece un bajo porcentaje del consumo total, y poco viable ante el coste de la instalación.

4.1.3. Instalación de sistema de reutilización de aguas grises y pluviales:

En este caso, se consigue un total de $(82+28.91)= 110.91\text{m}^3$ anuales con posibilidad de reutilización. Como hemos visto los usos posibles de reutilización serían: llenado de cisternas (75m³) + riego de jardín privado (25m³) + limpieza garaje (5m³) + lavadora (27.5m³), arrojando un computo total de 132.5 m³.

Por lo tanto, estaríamos consiguiendo (si fuera viable utilizar las mismas conducciones para aguas grises y pluviales) un ahorro con un sistema de reutilización de aguas grises + pluviales de un **44.36%** por vivienda.

Como ya expusimos en el apartado 3.5, aunque se podría considerar un depósito común dónde se almacenaran cada una de las aguas, después de su tratamiento, la practica según varios fabricantes, es que se apuesta por sistemas separativos de almacenaje, tratamiento y distribución por la diferencia de contaminación de las aguas (mucho menos contaminadas las pluviales) y por el consecuente gasto de depuración y energético.

Así, considerando un sistema complementario para consumos pero a su vez separativo por proceso, lo más lógico sería emplear las aguas grises reutilizadas (82m³) para de cisternas (75m³) y limpieza de zonas comunes como el garaje (5m³), mientras que las pluviales (28.91m³) se destinarían a riego de jardín privado (25m³), quedando un excedente de (3.91m³), el cual podría ser destinado a la lavadora (27.5m³) con un aporte anual complementario de la red general de 23.59m³/vivienda.

En conclusión, tanto la opción 4.1.1 (implantación de sistemas reutilización aguas grises) como la 4.1.3 (implantación de sistemas reutilización aguas grises + pluviales), nos parece viable dentro de la tipología de viviendas unifamiliares con jardín, con **ahorros del 32.8% y 44.36% respectivamente**. Habría que considerar el coste de implantación de los dos sistemas separativos y su viabilidad, pero opinamos que para esta tipología es fundamental que el consumo exterior de jardín esté solventado, por criterios de sostenibilidad hídrica, con lo cual nos decantaríamos por 4.1.3.

Otra posibilidad como ya comentamos en el apartado 3.4, sería eliminar la superficie de césped del jardín privado y sustituirla por otro tipo de pavimentos porosos o incluso césped artificial, con lo cual, eliminado el mayor consumo exterior nos podríamos decantar por la opción 4.1.1, que sería la más viable (inversión frente a resultados)

4.2. CASO PRACTICO DE SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y PLUVIALES EN EDIFICIO EN BLOQUE.

68 viviendas plurifamiliares (en bloque) con garaje común. Molina de Segura

Tipología edificatoria	Viviendas plurifamiliares en bloque (7 plantas + sótano-garaje), Categoría alta
Emplazamiento	Molina de Segura (Murcia) / P.P. El Panderón
Nº viviendas	68
Tipo cubierta/ superficie	Azotea no transitable/ 640 m ²
Usos exteriores/bloque	Espacios comunes 500m ² con jardín privado 200m ² (césped y arbolado)
Usos interiores/vivienda	Baños: 2WC + 2lavabos + 2bañeras + 2bidés Cocina: Fregadero + lavadora + lavaplatos Riego: 1 Grifo
Usos comunes	Limpieza garaje + espacio común + riego césped-arbolado
Precipitación anual	Molina de Segura 2009= 361.4mm

Para este caso, se debería estudiar por un lado el consumo doméstico en función a la tipología edificatoria de viviendas plurifamiliares en bloque (consumos interiores) y, por otro, el agua demandada para exteriores en limpieza zonas comunes (garaje y pasos exteriores pavimentados, riego del jardín).

El consumo interior se estudia a partir de datos estadísticos que servirán de hipótesis de partida (ver tablas 1 y 2, distribución de consumos medios, con relativas modificaciones en función a bibliografía y fabricantes) adaptada a la tipología en cuestión.

TOTAL	WC	DUCHA*	LAVABO	COCINAR/BEBER	LAVADORA	LAVAPLAT	JARDIN	Limpiez garaje
100%	30%	35%	6%	2%	10%	4%	7%	6%
220	66	77	13.2	4.4	22	8.8	15.4	13.2

*se entiende el consumo de bañera por ducha

Dando un consumo (m³)/año total de agua para el bloque de:

TOTAL	WC	DUCHA	LAVABO	COCINAR/BEBER	LAVADORA	LAVAPLAT	JARDIN	Limpiez garaje
14960	4488	5236	898	299	1496	598.4	1047	898

Por otro lado, se establece unos porcentajes de volumen de aguas grises con posibilidad de ser reutilizadas, es decir la de duchas y baños; según los sistemas de reutilización de fabricantes consultados se estima entorno al 90%. (de duchas + lavabos)

En cuanto a la cantidad de aguas pluviales captadas, como ya vimos en el apartado 3.5.1, depende además de la superficie de cubierta y del índice pluviométrico de la zona, de otros factores ya comentados que aconsejan un aprovechamiento en torno al 85%. (Sup. Cubierta x Precipitación anual)

Luego :

Vol. aguas grises a reutilizar: $80\% \cdot (duchas + lavabos) = 0.8 \cdot (77 + 13.2) = 72.16 \text{ m}^3/v \rightarrow$
4906.88 m³/ bloque

Vol. aguas pluviales a reutiliz: $85\% \cdot (S.Cub \cdot Precp. A.) = 0.85 \cdot (640 \cdot 361.4) = \mathbf{196.6 m^3}$

Analicemos los tres casos:

4.2.1. Instalación de sistema de reutilización de aguas grises:

En este caso, la reutilización de aguas grises (4907m³), puede ser destinada al consumo de llenado de cisternas (4488m³) y limpieza de zonas comunes como el garaje (898m³), teniendo un déficit para completar la limpieza de 479m³, con lo que parte de ésta debería provenir de la red general.

El riego del jardín no se contempla por tener un mayor consumo, pero sí hemos visto que si habría un remanente para limpieza de pavimentos exteriores comunes de paso.

Del consumo medio establecido total (14960m³) para esta tipología de viviendas plurifamiliares en bloque, estaríamos ahorrando con un sistema de reutilización de aguas grises un **33%** en el bloque.

4.2.2. Instalación de sistema de reutilización de aguas pluviales:

Para este caso, la implantación de un sistema reutilización de aguas pluviales es poco viable, obteniéndose (196.6m³), ni el 19% del consumo necesario para su destino habitual: el jardín y ni el 1.5% del consumo total.

Podría resultar un aporte para la limpieza de zonas comunes (de paso), pero igualmente muy escaso e inviable pues apenas tienen repercusión en el destino de consumos, así como el coste es elevado por la instalación a realizar en función a los costes de implantación a soportar.

Como ya comentábamos en el apartado 3.5.2. estos sistemas resultan muy poco prácticos en tipologías constructivas con poca superficie de captación y gran repercusión de viviendas

Se debe descartar el sistema para plurifamiliares en bloque.

4.2.3. Instalación de sistema de reutilización de aguas grises y pluviales:

En este caso, se consigue un total de $(4907+197)= 5104\text{m}^3$ anuales con posibilidad de reutilización. Como hemos visto los usos posibles de reutilización serían: llenado de cisternas (4488m³) + riego de jardín privado (1047m³)+ limpieza garaje (898m³) arrojando un computo total de 6433m³.

Como vemos, a pesar de que obtenemos entorno a un **34% de ahorro de agua** (5086m³ en el bloque ó 74,8m³/vivienda) con la implantación de un sistema de reutilización de aguas grises + pluviales, aun éste resulta deficitario (-431m³) para abastecer completamente la demanda de cisternas y riego de jardín; los dos usos más importantes para reutilizar las aguas.

Fundamentalmente es el jardín con césped (200m²) y arbolado el que dispara el consumo, así como la categoría alta de edificio que impone mayores consumos en el resto de usos generalmente.

Con todo, creemos que es una propuesta, muy a tener en cuenta en ésta tipología, pues considerando un sistema separativo, (grises de pluviales) lo más lógico sería emplear las aguas grises reutilizadas (4907m³) para las cisternas (4488m³); y por su parte para el jardín (1047m³), usaríamos el excedente de las residuales (419m³) y la propia pluvial (197m³) **obteniendo casi un 60% del consumo necesario para riego.**

Se podría recurrir a la red potable o a otros sistemas de captación de pluviales y aguas superficiales, situados en los espacios comunes, como pozos-tanque estratégicamente situados para solventar el 40% restante.

En conclusión, tanto la opción 4.1.1 (implantación de sistemas reutilización aguas grises) como la 4.1.3 (implantación de sistemas reutilización aguas grises + pluviales), nos parece viable dentro de la tipología de viviendas en bloque con zonas comunes, con **ahorros del 32.8% y 34% respectivamente**.

Si bien es cierto que como se puede apreciar, en este caso práctico de tipología plurifamiliar con zonas comunes, el uso de sistema pluviales, puede no compensar el coste de la instalación, pues en este caso simplemente conseguimos entorno a 1.5% más de ahorro.

Todo ello, argumenta el que el sistema más viable (coste-beneficios) en la tipología plurifamiliar en bloque, son los sistemas reutilización aguas grises como ya vimos en 3.5.2, a pesar de que los sistemas mixtos (grises+pluviales) sean interesantes en función al caso.

4.3. Conclusiones al estudio práctico comparativo.

Como análisis y conclusión final a éste estudio práctico, indicar que creemos obligatorio la implantación de sistemas de reutilización de aguas residuales, principalmente grises en viviendas unifamiliares con jardín, pues es insostenible, en un clima Mediterráneo-árido, con escaso índice pluviométrico, adoptar tipologías edificatorias, propias de la ciudad extensible (de baja densidad), dónde usos exteriores como jardín con césped para uso particular y no colectivo, suponen un incremento muy alto del consumo de agua.

Es destacable como en ciudades de Alemania (Stuttgart, Bremen y Duisbourg), dónde se fomentan tipologías edificatorias de poca altura y alta densidad, planificando un urbanismo ecológico, los sistemas de captación de pluviales, antaño tan tradicionales en España, se vienen imponiendo desde hace más de 20 años con políticas de ahorro hídrico que fomentan y desarrollan estas técnicas.

En España y en el ejemplo de Murcia, combinando las pluviales con las grises, hemos visto que para las viviendas unifamiliares que disponen de jardín resultan viables, y no se concibe porque su implantación obligatoria no es ya una realidad, cuando a través del análisis de todos los marcos teóricos, en especial el económico y el social resultan favorables. Además actualmente en el Mercado existen multitud de fabricantes con tecnologías punteras alemanas que están experimentados en el sector.

Por su parte las viviendas plurifamiliares en Bloque, tienen una mayor tendencia al aprovechamiento de las residuales grises, pues generalmente no contribuye su poca superficie de captación horizontal de cubierta en base a su repercusión por vivienda, para implantar sistemas de aprovechamiento pluvial y que resulte viable; ahora bien en plurifamiliares semiintensivas (con zonas comunes y jardín), como el caso estudiado, observamos que puede resultar interesante el sistema mixto (grises + pluviales).

REPERCUSIÓN DEL POBLAMIENTO URBANO-TURÍSTICO SOBRE EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN MODELOS DE CIUDAD DIFUSA



- La ciudad difusa y de baja densidad propicia un mayor consumo de suelo y de recursos hídricos.
- La mayor longitud de las redes de distribución incrementa las pérdidas en la red litros/km.día.
- Crece el volumen de Agua No Registrada (ANR) y se hace más difícil la detección de fugas.
- Los sistemas de captación, distribución, saneamiento y depuración deben dimensionarse para atender la estacionalidad.
- En viviendas unifamiliares con jardín y piscina se alcanzan módulos de 600 l/hab/día y el consumo se intensifica en verano.
- Esta oferta de alojamiento se activa sobre todo en verano y vacaciones. Menor trascendencia socioeconómica del uso del agua.

REPERCUSIÓN DEL POBLAMIENTO URBANO-TURÍSTICO SOBRE EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN MODELOS DE CIUDAD COMPACTA TIPO «BENIDORM»



- La ciudad compacta permite una gestión más eficiente del ciclo integral del agua.
- Disminuye la longitud de las redes, se agilizan tareas de localización y reparación de fugas mediante SIG y sectorización de la red.
- Disminuyen las pérdidas en la red litros/km.día
- Se reducen los volúmenes de Agua No Registrada (ANR).
- Los módulos de gasto por turista no suelen superar los 200 litros/hab/día
- Se reduce la estacionalidad y se mantiene una oferta hotelera activada gran parte del año.

BLOQUE II. ANALISIS DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES CON TECNICAS BLANDAS DE BAJO COSTE ECONOMICO Y ENERGETICO. PROPUESTAS.

Capt.5. ANALISIS_SITUACION

5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. REUTILIZACION AGUAS RESIDUALES CON EDAR CONVENCIONALES Y COSTE ENERGETICO.

Como hemos visto en el Bloque I, las actuaciones de reutilización de aguas depuradas no deben contemplarse aisladamente y en función exclusiva del beneficio que pueda producir en el usuario o unidad doméstica, ya sea tipología vivienda unifamiliar o colectiva.

Las aguas regeneradas han de considerarse como un recurso no convencional, cuya gestión debe incluirse en una planificación integral urbana de de los recursos hídricos, que tenga en cuenta los aspectos económicos, sociales y medioambientales.

Actualmente en España, la cuenca del Segura (Murcia), es la única cuenca española cuyos recursos naturales no pueden cubrir la demanda de los distintos usuarios. La mayor parte del agua consumida viene del transvase Tajo-Segura (400 Km distancia)

RECURSOS HIDRICOS (Hm ³ /año)		DEMANDA USOS	
RECURSOS RENOVABLES PROPIOS		URBANA	255
-Régimen natural Segura y Ramblas costeras	1000		
-Desagüe al mar Río Segura	-50		
-Desagüe al mar Ramblas y acuíferos costeros	-30		
-Evaporación Embalses y Directa Acuíferos	-60		
TOTAL PROPIO UTILIZABLE	860	AGRICOLA	1571
RECURSOS TRASVASADOS			
-Tajo-Segura	600		
-Pérdidas	-60	INDUSTRIAL	38
TOTAL PROPIO EXTERNO	540		
TOTAL RECURSOS REVAB. DISPONIBLES	1400	INDUSTRIAL	38
-Reservas subterráneas extraídas	210		
-Reutilización total recursos	100		
-otros renovables	40		
-otros no renovables	35		
TOTAL RECURSOS UTILIZADOS	1785	TOTAL DEMANDA	1864

Fuente: CHS

El incremento registrado por las dotaciones de agua de abastecimiento, junto con el aumento de población experimentado por numerosas zonas urbanas, han hecho que las fuentes de abastecimiento tradicionales sean insuficientes para atender una demanda en permanente expansión.

Junto a ello, en esta Región, el sector agrícola consume el 84% de los recursos disponibles (Cuenca Hidrográfica del Segura, CHS, 2009), mientras que el resto 15% uso doméstico, industrial y otros usos. Por esta razón, el uso de las aguas regeneradas es especialmente importante.

La reutilización como ya vimos en el Bloque I, puede incrementar los usos del agua ya utilizada, aumentando la disponibilidad de recursos hídricos.

Así, el agua regenerada puede sustituir usos que no requieran una calidad elevada, liberando volúmenes de mejor calidad para otros usos más exigentes.

Las limitaciones ambientales y las sequías plurianuales han llevado a numerosas poblaciones a plantearse la utilización de aguas depuradas como fuente adicional de agua para aprovechamientos que no requieran una calidad de agua potable

Con este panorama, y bajo la Directivas Marco Europeas de actuación en el ámbito de políticas de agua 91/271/CE, se marcaban plazos de cumplimiento para estar resuelta la depuración de las aguas en función del tamaño de la población.

En el 2009, en Murcia existían 92 estaciones depuradoras de aguas residuales "EDAR", produciendo más de 102,1 hm³ de agua depurada al año. (ESAMUR, 2009). Según últimos datos de fuentes consultadas, la Región de Murcia reutiliza 139.20 hm³/año (Grupo Aguas de Valencia, Junio 2010)

Según PHCS (Plan Hidrológico Confederación del Segura) en 2003, el volumen anual producido de aguas residuales urbano y retornos de los sistemas de abastecimiento era de 126 hm³/año, de los que 18 hm³ se vierten directamente al mar, 57 hm³ se contabilizan como vertido a cauces, fosas sépticas o sobre el terreno, y 51 hm³ son reutilizados directa y exclusiva para usos agrícolas.

. Estas EDAR, están implantadas en núcleos medios y grandes con y sus procesos de tratamientos están basados en procesos físico-químicos (explicados en el Bloque I) lo que supone coste energético importante:

“Los procesos biológicos y físico-químicos utilizados en una E.D.A.R. para eliminar de las aguas residuales urbanas los compuestos y microorganismos aportados durante los usos domésticos e industriales son grandes consumidores de energía” (ESAMUR 2010)⁶.

Murcia, se caracteriza, por ser una de las ciudades españolas más punteras en depuración de aguas residuales, pues más del 97% de la población está conectada a depuradora y se reutilizan hasta 139 Hm³ de aguas depuradas.

Si bien es cierto, que la Región de Murcia recupera prácticamente la totalidad de las aguas a través de un sistema integral de saneamiento y depuración que cuenta con 46 grandes depuradoras y cerca de 50 pequeñas plantas de tratamiento, no es menos cierto que ello conlleva un alto coste energético.

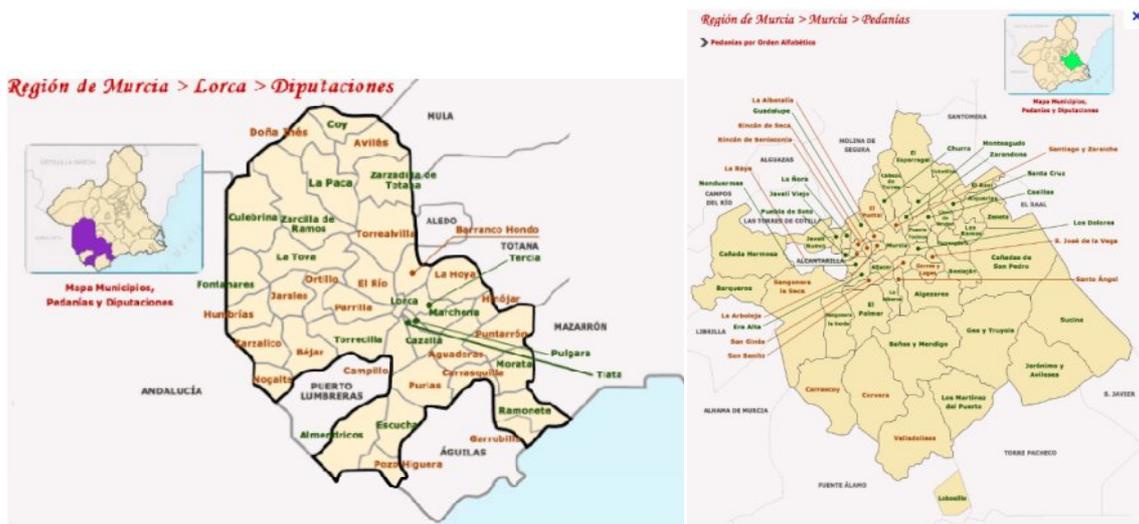
La población residente en la Región de Murcia se distribuye en 45 municipios, se asienta según recoge el Nomenclátor que publica el INE periódicamente, en 692 núcleos de población de muy diferente magnitud.

Estos núcleos entre los que se incluyen, barriadas, pedanías, núcleos rurales..etc. se agrupan a los efectos de recogida y tratamiento de sus aguas residuales en Aglomeraciones Urbanas (A.U.), según el término acuñado por la Directiva Europea 91/271 CEE que recoge las directrices sobre depuración de aguas residuales.

A Diciembre 2010 existían en la Región de Murcia a estos efectos 265 Aglomeraciones Urbanas a las que correspondían las magnitudes que refleja el cuadro. (ESAMUR 2010)⁷.

Aglomeraciones Urbanas	Número	Volumen Generado (m ³)	Habitantes	Habitantes Equivalentes	%s/h-e
Con sistemas de saneamiento y depuración adecuado	122	107,53	1.312.772	2.564.743	99,0
Sin saneamiento o con sistema en proyecto	143	1,37	13.095	19.916	1,0

⁷ Esamur , Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia 2010, aguas residuales, visita web 15 Noviembre 2011, <<http://www.esamur.es>>



Actualmente en Murcia, núcleos poblacionales por debajo de 10000 habitantes, de los 45 municipios, 16 están por debajo de ese umbral, y directamente núcleos rurales diseminados en pedanías y poblaciones por debajo de 2000 habitantes, solamente en el término de Murcia hay 17 de las 55 pedanías por las que ésta formado el núcleo urbano de la capital.

Casi el 60% de la población en el término municipal de Murcia vive en pedanías.

Otro término municipal el de Lorca, tiene 39 pedanías de las cuales 33 están por debajo 2000 habitantes, y la mayoría de estas pedanías tiene varios núcleos de población y Cartagena 25 pedanías en similares condiciones

Si lo extrapolamos a España, el 95% de los municipios españoles corresponden a núcleos menores de 10000 habitantes.

Partiendo de la justificación de éste TFM, uno de los objetivos perseguidos es la búsqueda de alternativas sostenibles a la depuración de aguas residuales domésticas a escala urbana que aúne ahorro hídrico y energético.

Con los sistemas de depuración blanda, se puede dar respuesta a éstos núcleos poblacionales, con mayor diversidad de tratamiento, no necesariamente convencionales, pudiendo cumplir con la normativa vigente y aportando soluciones de bajo coste de implantación y lo que es más interesante bajo coste de explotación (gasto energético) con una buena integración en el medio natural y otras ventajas que pasamos a analizar. (R. Colado Lara, 2002)⁸.

⁸ R. Collado Lara, 2002, *La Depuración de las aguas residuales en pequeños núcleos. Situación actual, compromisos y alternativas.*

5.2. LA BUSQUEDA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

“Los costes energéticos suponen alrededor de una tercera parte de los costes totales de operación y mantenimiento que se producen en los procesos necesarios para el tratamiento y la depuración de las aguas residuales y aumentan constantemente conforme elevamos las exigencias en cuanto a la calidad y garantía de nuestros efluentes y la seguridad y prevención en el manejo de fangos y residuos.

Aunque sólo esta cuestión, por su importancia económica justificaría cualquier esfuerzo, otros aspectos de trascendencia global inciden en la necesidad de perseguir el ahorro energético, la minimización de las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero, o el desarrollo y aplicación de energías de origen alternativo a las convencionales”.

(ESAMUR, Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia, Murcia, 25 y 26 de Noviembre de 2009, Marzo, V JORNADAS TÉCNICAS DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN).

Así pues, Murcia se encuentra entre las regiones de España que más han invertido en Depuración de aguas, de sobra es sabido por todos la contaminación que presentaba el Río Segura hace menos de 15 años, siendo el más contaminado y menos caudaloso de España. Hoy se caracteriza por ser uno de los menos contaminados del país y se ha vuelto a tener vida biológica, en virtud del sistema o red de saneamiento y depuración de estaciones depuradoras de aguas residuales EDAR.

Pero la pregunta que surge es: ¿son estas EDAR implantadas eficientes energéticamente?

A día de hoy, y en la investigación seguida a través de entrevistas a representantes de las Entidades Públicas de Saneamiento de Aguas Residuales: EPSAR en la Comunidad Valenciana y ESAMUR en la Comunidad de Murcia, cuyas funciones es gestionar la explotación de las instalaciones y ejecutar las obras de saneamiento y de depuración que la Administración determine; la respuesta es que se están implantando desde hace un par de años la optimización energética de todas las EDAR.

¿ POR QUÉ ES NECESARIA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ?



Este análisis energético, se está realizando desde dos actuaciones:

a) En las EDAR en servicio

- Revisando los contratos de suministro eléctrico
- Realizando auditorías energéticas, sustituyendo o ajustando aquellos equipos eléctricos que tienen rendimientos bajos.
- Buscando la Optimación de los equipos
- Investigando la valoración de los residuos (biogás, lodos, fangos) cogeneración biogás (aportar 25% energía consumida) y fangos (potencial térmico para autoabastecerse y verter a la red general)

b) En las nuevas EDAR

- En el nuevo diseño y selección de los equipos
- Uso de energías alternativas energéticas (instalación ACS, Fotovoltaica)
- Aprovechar saltos hidráulicos

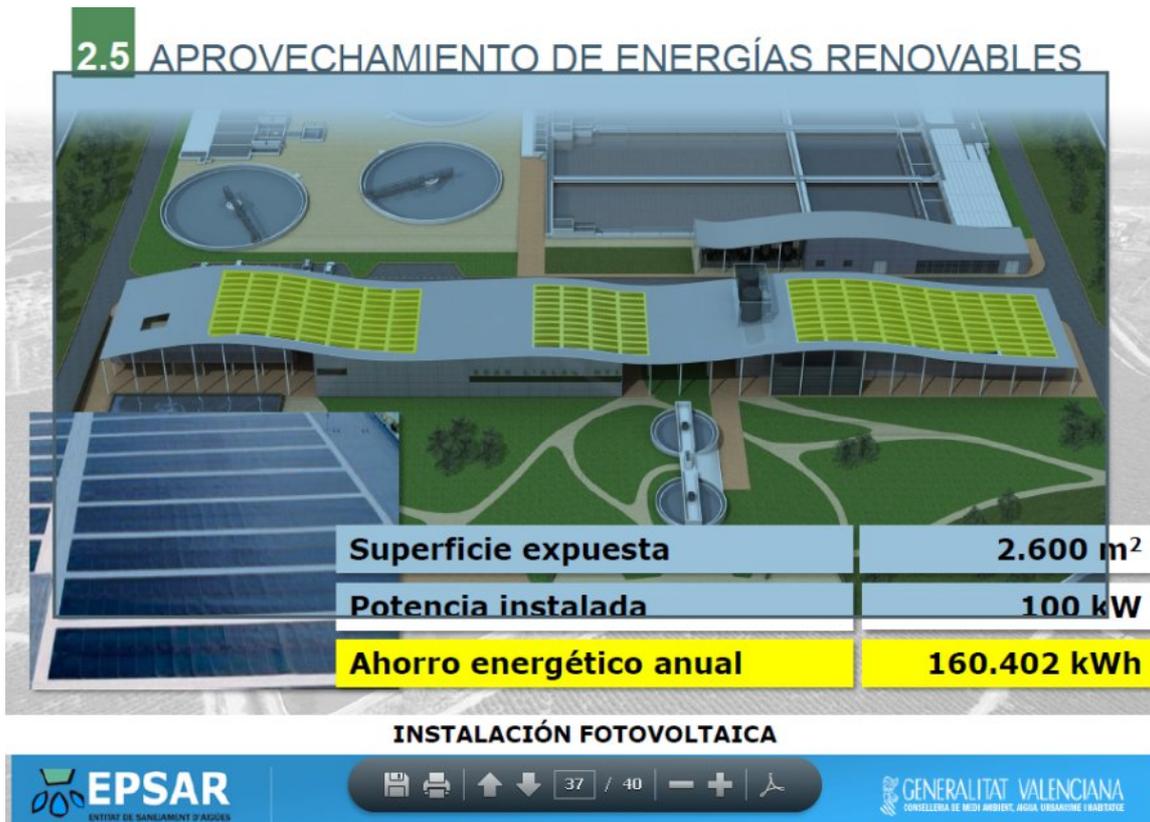


Figura. Diseño de nuevas EDAR con aprovechamiento energético renovable

De todo ello se deduce, que las EDAR convencionales implantadas en Murcia, basadas en procesos físico-químicos, a pesar de ser eficientes desde la óptica de la calidad del agua exigida, en función a los usos dados, y siendo un ejemplo a nivel nacional, no lo son desde la óptica energética. (Ver apartado 7.1.1.1)

Prueba de ello son las auditorias energéticas que los Organismos públicos, están fomentando en las EDAR instaladas y buscar eficiencia en el proyecto de las nuevas.

Llegados hasta aquí, es necesario plantearse además de la búsqueda de eficiencia energética de las EDAR convencionales, otras alternativas, como pueden ser las basadas en sistemas de depuración blandos de bajo coste, viables en determinados núcleos poblacionales dónde costes de implantación y sobre todo de explotación (gasto energético) resultan menores.

5.3. PROCESOS NATURALES DE REUTILIZACION AGUAS RESIDUALES. SISTEMAS DE DEPURACION BLANDOS. DEPURADORAS DE BAJO COSTE.

La biotecnología utilizada con los **reactores biológicos o biorreactores**, a la vanguardia mundial en el ámbito del medio ambiente, ha provocado que la depuración natural desbanque a muchos de los procesos físico-químicos que hasta hace poco tiempo se consideraban insuperables.

En general, estos biorreactores consisten en dispositivos en los que se ha fijado una determinada flora bacteriana, sistema natural o biopelícula que es la encargada de la degradación de los compuestos orgánicos presentes en el agua.

El efluente obtenido suele de ser de buena calidad, mejor cuanto más lentamente circula el agua (depende de cada diseño) y, en general, requieren un bajo mantenimiento.

Estos sistemas naturales, suponen la aplicación de mayor diversidad de tratamientos, no necesariamente convencionales (procesos físico-químicos), pudiendo cumplir con la normativa vigente.

Constituyen soluciones de bajo costo, con una buena integración en el medio natural que en función de diversos factores de las circunstancias específicas de cada lugar: población de cálculo, superficie disponible, grado de depuración exigido, etc. harán viable su implantación.

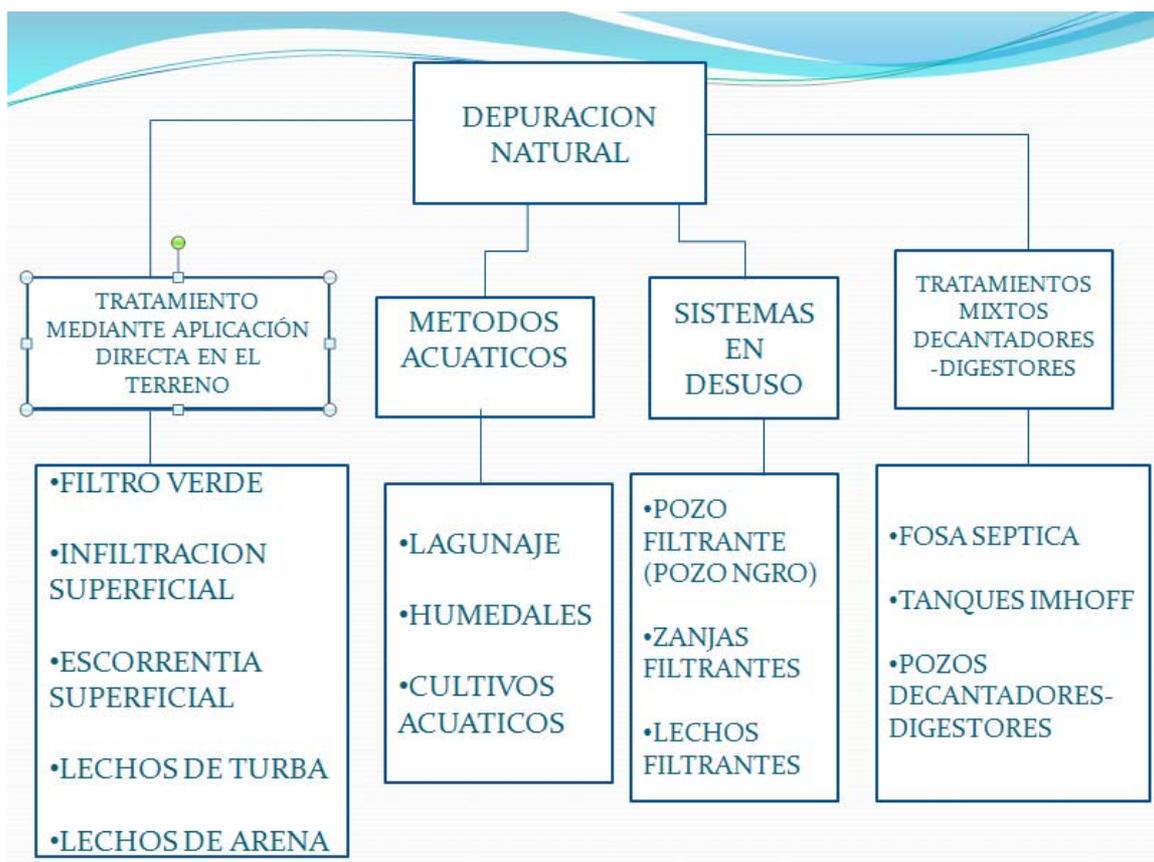


Foto 3. Aspecto del reactor y humedal en un sistema de tratamiento biológico ó depuradoras ecológicas

Es posible su aplicación en poblaciones por debajo de 10.000 habitantes o pequeños núcleos urbanos, y están suponiendo una solución para Municipios que no pueden acogerse a tecnologías convencionales por los altos costes de implantación y explotación.

Sin embargo, las tecnologías convencionales (procesos físico-químicos) de depuración de aguas residuales de medios o grandes núcleos, son casi imprescindibles por las carencias de espacio (que se dan en ciudades) y las altas exigencias de calidad solicitadas a las aguas.

Seguidamente mostramos las diferentes opciones de tratamientos biológicos para pequeños núcleos según bibliografía consultada. Como bien se indica estos sistemas a excepción de algunos tratamientos primarios (fosa séptica, tanque imhoff) y secundarios (pozos filtrantes) prácticamente no se conocen aplicados a tipologías residenciales edificatorias y sí a núcleos de población ó a edificios públicos y de servicios: (En el apartado 7.1.2.veremos una aplicación de depuración natural derivada de éstos procesos del Campus de Espinardo de Murcia y viviendas unifamiliares de la huerta, excepcionalmente)



a) Tratamientos Primarios :

Fosa Séptica, Tanque Imhoff, Laguna Anaerobia, Reactor UAS, Decantación Primaria

b) Tratamientos Secundarios**1. Aplicación Subsuperficial:**

Zanjas filtrantes, Lechos Filtrantes, Pozos Filtrantes, Filtros Intermitentes de Arena, Lechos de Turba

2. Aplicación Superficial

Riego (Filtro verde)

3. Lagunaje

_Facultativo, Aireado

4. Humedal

Subsuperficial , Superficial

5. Biopelícula

Lechos Bacterianos, Biorrotores

6. Fangos Activos

Aireación Prolongada, Canales de Oxidación

c).Tratamientos Terciarios

Aplicación Superficial, Aplicación Superficial, Humedal, Desinfección

Capt.6. EVALUACION COMPARATIVA SISTEMAS DEPURACION URBANOS.

6.4. COMPARATIVA DE REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES EN FUNCION AL TRATAMIENTO UTILIZADO. EDAR convencionales y los Sistemas de depuración Natural.

6.4.1. Criterios de Selección. El análisis multicriterio.

En función, a los factores perseguidos a la hora de la elección de un tipo de tratamiento u otro: Naturales o físico- químicos, caben una serie de criterios que marcaran su idoneidad a las necesidades de escala urbana ó tipología edificatoria:

- a) **Costes (implantación-explotación)** de la ejecución de la instalación, del mantenimiento y de su explotación
- b) **Accesibilidad, superficie y ubicación**, que definen las necesidades espaciales y condicionan posibilidad de incorporar la tecnología al entorno o posibilitar otra sistemas no convencionales (bajo coste).
- c) **Caudales a tratar**, condicionantes por la idoneidad de cada una de las tecnologías según la dotación.
- d) **Posibles impactos**, relacionados principalmente con los olores y los ruidos producidos, a tener particularmente en cuenta en un hotel por ejemplo.
- e) **Estacionalidad**, factor muy importante en tipologías edificatorias relacionadas con el turismo, pues la tecnología debe asimilar el hecho de que estas edificaciones (edificios en bloque zona costa, apartamentos residenciales adosados, e incluso hoteles) permanecen cerrados varios meses al año, que será el tiempo de paro de la instalación. Sobredimensionadas para bajos rendimientos durante 9 meses.
- f) **Fiabilidad del sistema**, garantizándose una calidad mínima exigida.
- g) **Mantenimiento** según el grado de especialización de la mano de obra y del tiempo necesario.

En referencia a ventajas e inconvenientes entre unos tratamientos y otros, los naturales frente a los físico-químicos destacan en las siguientes ventajas:

- Hay una menor producción de lodos excedentes, lo que conlleva una evacuación más sencilla de los fangos producidos.
- La calidad global de los efluentes tratados es superior. Sin embargo, el tratamiento necesario para las tipologías residenciales a escala domestica-urbana se puede cubrir satisfactoriamente con procesos físico-químicos.

- Capacidad superior en degradar la materia orgánica.
- Las tecnologías naturales existentes son más adaptables a pequeños núcleos o caudales.

Por el contrario los físico-químicos implican las siguientes ventajas:

- Existe menor riesgo en la aparición de malos olores, en particular sépticos, y como consecuencia, en la proliferación de insectos.
- Son procesos más rápidos, aunque no más eficaces. En nuestro caso de depuración de aguas grises, interesa que el proceso sea rápido para que no aparezcan bacterias por sedimentación por alcanzar el estado anaeróbico.
- Existen menos problemas técnicos a la hora de reiniciar el proceso tras un paro de la instalación (limpieza, averías, estacionalidad en su uso, etc.)
- Alta efectividad en la destrucción de microorganismos patógenos. No obstante, la desinfección nunca se delegará sobre estos tratamientos, pues necesitará de afinos o desinfección final mediante tratamientos terciarios (cloro, UV, etc.)



6.4.2. Costes de Implantación a escala doméstica_urbana.

Para estos tratamientos, según los factores anteriores de implantación y según la tipología incorporada, no pueden establecerse un criterio exacto de cuales resultan más caros en su coste de implantación.

Según fuentes consultadas, para viviendas unifamiliares que dispongan de espacio para contemplar la alternativa de los naturales, éstos suelen resultar más caros que los tecnológicos o físico-químicos; no obstante, la poca experiencia que se tiene de algunos de estos procesos, debido a la innovación que suponen, provoca ciertos inconvenientes. Debemos tener en cuenta, que si el sistema es caro, se traduce en un precio elevado para el agua regenerada, hasta que se amortice el rendimiento.



Foto. Sistema reutilización de fabricante Hansgrohe aplicado vivienda unifamiliar

No obstante indicar que la implantación de un sistema de reutilización de aguas grises en vivienda unifamiliar, siempre resulta proporcionalmente más costoso que en vivienda plurifamiliar o colectiva. **En el mercado hay una gran variedad de productos y por lo tanto de precios, que pueden ir desde los 1800€ en vivienda unifamiliar basado en procesos convencionales a 5000€ con tratamientos naturales, sin contar obra civil.**

En definitiva, el tratamiento unitario (unifamiliar), tanto natural como físico-químico en estos momentos tiende a ser caro, complicado de explotar y a corto plazo no funciona porque precisa de mantenimiento, y al final se suele abandonar.

Sobre todo el natural puede ser más apto y rentable para pequeñas comunidades.

Para el caso de las plurifamiliares, los costes de implantación dependen de muchos factores (enumerados anteriormente), fundamentalmente del número de viviendas, y por lo tanto su repercusión.

La instalación es la misma, basada en sistema separativo de tuberías independientes (ver apartado 3.1 y figura 1), con la ventaja de que en los edificios en bloque, los baños y aseos se agrupan en vertical, facilitando la instalación y agrupando bajantes grises que recojan las aguas de bañeras, duchas y lavabos (a través de botes sifónicos independientes) y reconducirlas por el techo de sótano hasta el equipo depurador



Foto 5. Sistema reutilización de fabricante Hansgrohe aplicado edificio turístico

Por citar alguno de los muchos fabricantes del mercado, cabe destacar la solución patentada por la empresa alemana Hansgrohe, el Aquacycle 900 [Pontos, 2006].

En este sistema, después de una filtración, las aguas pasan a dos depósitos de 300 l. donde se tratan mediante bio-cultivos, siendo bombeada periódicamente a una última cámara de desinfección UV. En este caso el sistema combina tratamientos naturales y mecánicos. Como es un sistema modular y ampliable, puede ser aplicado desde viviendas unifamiliares hasta hoteles o edificios públicos.

Se puede hablar de unidades de coste por vivienda en edificio en bloque, dónde lleva repercutido los costes comunes de implantación.

Para costes en nuevos desarrollos urbanos, sería necesario, estudios de viabilidad económicos y de planificación urbana con aplicación de programas SIG multicriterio.

Esta depuración a escala urbana estaría basada en sistemas de reutilización convencionales. Sobre aplicación de sistemas de reutilización y depuración natural en nuevas planificaciones urbanas, no se conoce y menos los costes.

Capt.7. ANALISIS DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS A LOS SISTEMAS DE DEPURACION CONVENCIONALES DE AGUAS RESIDUALES EN MURCIA.

7.1. SISTEMAS IMPLANTADOS EN LA ZONA DE INVESTIGACION. BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS.

7.1.1. Sobre las EDAR a escala urbana y doméstica en la Región de Murcia. Costes de Explotación

La línea de investigación seguida, a través de los distintos Organismos y Entidades, fundamentalmente (ver cuadro: Plan de Trabajo. Pagina 12) arroja los siguientes resultados en cuanto a los sistemas implantados en Murcia:

7.1.1.1. Sobre las EDAR urbanas

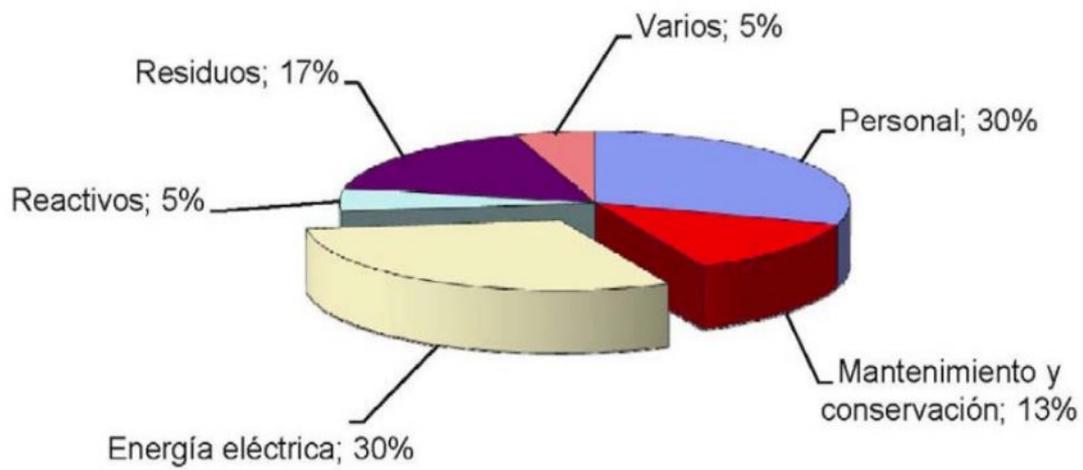
- a) Entre el 97% - 99% de las aguas residuales de origen Domestico-urbano, son depuradas en Murcia. **Esta depuración, está gestionada por EDAR convencionales** en un número de 46 grandes depuradoras con tratamiento secundario, casi medio centenar de pequeñas plantas de tratamiento con tratamiento terciario y apenas Depuración natural como tecnología de bajo coste aplicada, destacando solamente Alguazas con sistema de lagunaje.

E.D.A.R. en la Región de Murcia

Tipología de la depuración de aguas en Murcia	Nº de instalaciones	Volumen depurado (Hm3/año)	%
Depuración Biológica	46	54,60	54,8%
Depuración Biológica con tratamiento terciario	37	42,03	42,2%
Plantas de Lagunaje	2	2,80	2,8%
Otras plantas de menor rendimiento, o en fase de rehabilitación o construcción	3	0,17	0,2%
	88	99, 59	100%
Bombeos	42		

Fuente: ESAMUR

DISTRIBUCIÓN DEL COSTE DE DEPURACIÓN



Consumo total energía eléctrica año 2008 : 65,6 GW.h



Gráfico. Consumo Electricidad EDAR Región de Murcia.

Fuente ESAMUR

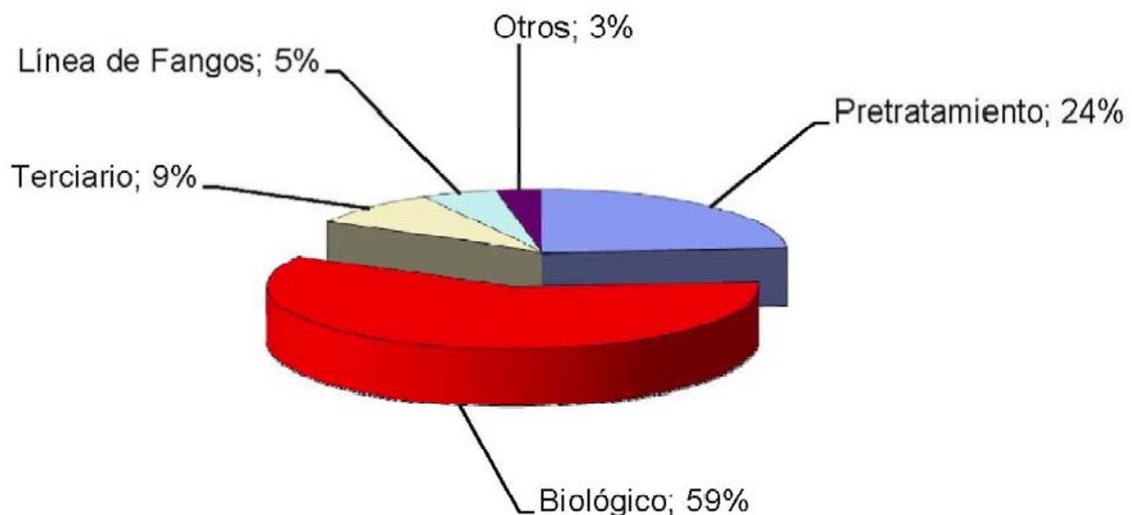
- b) **El gasto energético asociado al proceso de depuración en estas EDAR, se estipula, normalmente alrededor de un tercio del coste total del proceso**, con tendencia a aumentar en los próximos años, siendo ya en algún caso el coste energético superior incluso al coste de personal, tradicionalmente el de mayor peso en esta factura. (A. Gómez López, 2009, p.3)⁹.

Por su parte en la red de EDAR de la Región de Murcia, el coste energético supuso en el año 2008 casi el 70% sobre el total de los costes.

Analizando los componentes de este coste energético encontramos que habitualmente el tratamiento secundario supone alrededor del 60 % del consumo energético de una instalación media con tratamiento terciario. (Ver gráfico)

Casi la totalidad de las depuradoras EDAR de Murcia y pequeñas plantas de tratamiento basan sus tratamientos secundarios en tecnología aplicada de Fangos Activos por oxidación total, lo que implica este aporte de energía indicado, además del necesario para el pretratamiento.

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO



⁹ A. Gómez López, 2009, *Modelización del flujo hidráulico para la mejora de la eficiencia energética en el proyecto de plantas de depuración de aguas residuales*, V Jornadas Técnicas de Saneamiento y Depuración. ESAMUR

Es aquí donde estriba la diferencia en consumo energético de las EDAR convencionales con respecto a los sistemas de depuración natural o bajo coste, en éstos últimos el tratamiento secundario se aplica a través de lechos bacterianos o filtros biológicos que no consumen energía e incluso en algunos sistemas la desinfección o tratamiento terciario, tampoco necesita de energía.

Así, los ratios energéticos de las distintas EDAR van desde los 0.4-0.5 Kwh/m³ por ejemplo en la de Murcia Este a los 2.20 Kwh/m³ en Librilla (ver gráfico consumos), si bien es cierto que influyen muchos parámetros en el consumo de las distintas EDAR como son:

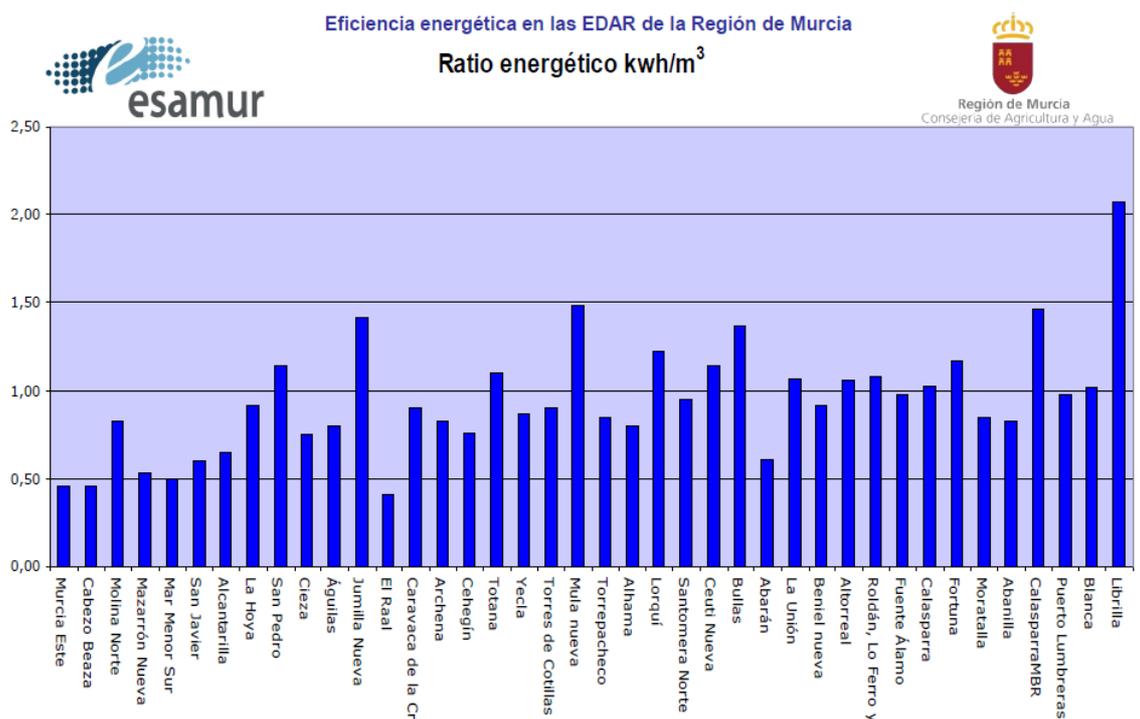


Gráfico. Consumo Electricidad EDAR Región de Murcia 2008.

Fuente ESAMUR

- Relativos al diseño de la planta:

- Tipo de proceso
- Tratamientos recibidos
- Tamaño planta
- Tipo aireación y agitación
- Modularidad

- Relativos al lugar de implantación:

- Carga contaminante recibida
- Estacionalidad
- Grado de saturación de la planta

- Relativos al sistema de explotación:

- Tecnología aplicada
- Condiciones elegidas de explotación.
- Criterios y metodologías de control



Eficiencia energética en las EDAR de la Región de Murcia



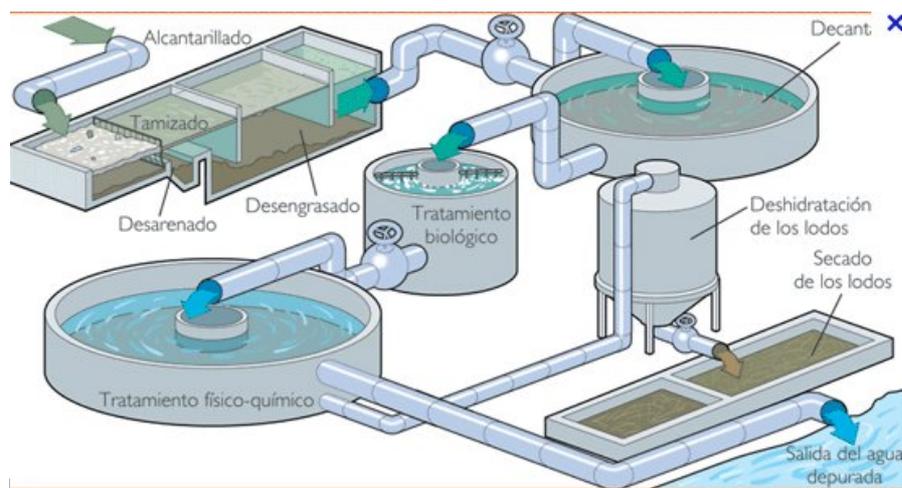
Ratio kwh/m3	Pretratamiento	Trat. biológico	Trat. terciario	Línea de fangos	Desodorización	Otros	TOTAL
ALHAMA	0,15	0,58	0,03	0,03	0,01	0,01	0,80
CARAVACA	0,03	0,71	0,08	0,05	0,01	0,02	0,90
MAZARRÓN	0,03	0,34	0,07	0,03	0,04	0,01	0,53
MORATALLA	0,09	0,56	0,13	0,05	0,00	0,01	0,85
TORRE PACHECO	0,16	0,46	0,11	0,06	0,05	0,02	0,85
BENIEL	0,31	0,49	0,11	0,04	0,05	0,00	1,01
CEUTI	0,47	0,49	0,31	0,10	0,04	0,02	1,43
JUMILLA	0,18	1,06	0,17	0,10	0,04	0,01	1,55
LORQUÍ	0,12	0,90	0,14	0,10	0,02	0,02	1,30
MULA	0,47	0,86	0,08	0,08	0,11	0,00	1,60
TORRES DE COTILLAS	0,25	0,49	0,16	0,03	0,02	0,00	0,95
PROMEDIO	0,21	0,63	0,13	0,06	0,04	0,01	1,07
MÍNIMO	0,03	0,34	0,03	0,03	0,00	0,00	
MÁXIMO	0,47	1,06	0,31	0,10	0,11	0,02	

Como se observa, son factores que condicionan más los costes energéticos

que el mismo tamaño de la planta, siendo fundamentales para la diferencia de costes la tecnología aplicada y la estacionalidad (rendimientos bajos por ser estaciones sobredimensionadas en algunos casos como las de zonas turísticas y costa)

Con ese análisis multicriterio y según gráfico, se obtiene una ratio promedio de 1.07 kwh/m³ pudiendo estar comprendido en una horquilla que alcance hasta los 2 kwh/m³ para plantas en poblaciones de menos de 10000 habitantes. Superior al coste energético que pueden obtener las Depuradoras naturales.

- c) De los 45 municipios en la Región de Murcia, 16 están por debajo de los 10000 habitantes y más de 23 por debajo de los 15000 habitantes. A pesar de ello y de que por debajo de éstas cifras de población es posible la aplicación de mayor diversidad de tratamientos, no necesariamente convencionales, **no se ha encontrado ninguna Estación Depuradora que aplique otras alternativas, como las naturales o de bajo coste.**



Los costes energéticos dependen más de de la tecnología aplicada, modo de funcionamiento y estacionalidad, que del tamaño de la planta. Observamos en las fichas técnicas de las EDAR aportadas, que por ejemplo en la de Murcia Este, siendo una de las grandes estaciones depuradoras de la Región de Murcia con una población servida de 350000 habitantes, el gasto energético es más bajo que en Lorquí, población que no llega a 7000 habitantes, 0.4 kwh/m³ frente a 1.3 kwh/m³ respectivamente.

No obstante ambas estaciones tienen implantada la misma tecnología convencional basada en sistemas de fangos activos (tratamientos secundarios, coste energético importante)

MURCIA ESTE



ORIGEN INFORMACIÓN

Memoria de explotación 2009

SITUACION

UTMX (ED50)	670.169
UTMY (ED50)	4.207.621
Aglomeración Urb.	Murcia Este
Término Municipal	Murcia

POBLACIÓN		CAPACIDAD	
Servida	349.395	Diseño (m³/a)	36.500.000
Equivalente	562.307	Actual (m³/a)	28.571.965

TECNOLOGÍA APLICADA

Fangos Activos - A2O Modificado + Desinfección

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

	SS	DQO	DB05	uds
Entrada	281	778	431	mg/l
Salida	7	33	11	mg/l
Rendimiento	97,50	95,80	97,40	%

UTILIZACIÓN DEL EFLUENTE

Uso del Agua	Dominio Publico
Cauce Receptor	Rio Segura

LORQUI



ORIGEN INFORMACIÓN

Memoria de explotación 2009 (Actualizado 04/2010)

SITUACION

UTMX (ED50)	653.539
UTMY (ED50)	4.215.492
Aglomeración Urb.	Lorqui
Término Municipal	Lorqui

POBLACIÓN		CAPACIDAD	
Servida	6.700	Diseño (m³/a)	1.825.000
Equivalente	58.866	Actual (m³/a)	1.564.534

TECNOLOGÍA APLICADA

Fangos Activos - Aireación Prolongada + Coagulación + Flocculación + Filtro de Arena + Desinfección Ultravioleta

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

	SS	DQO	DB05	uds
Entrada	252	1269	824	mg/l
Salida	8	40	12	mg/l
Rendimiento	96,80	96,80	98,50	%

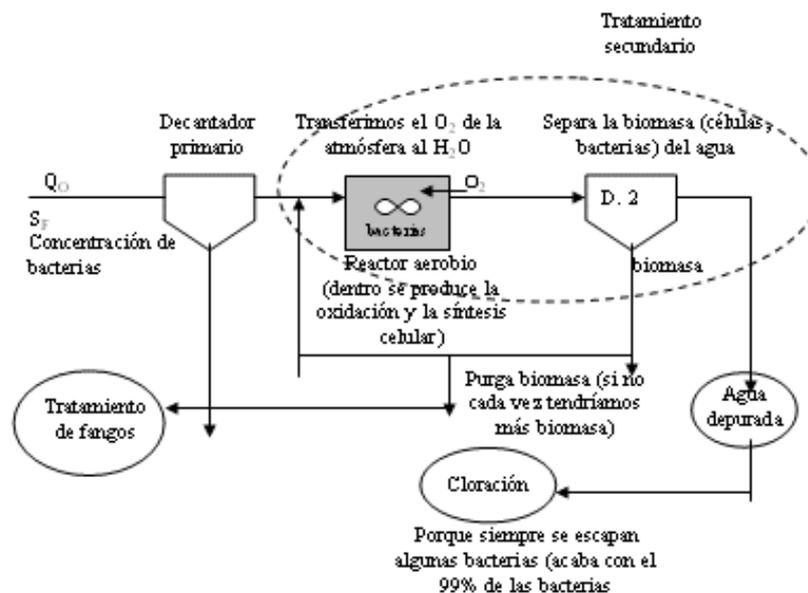
UTILIZACIÓN DEL EFLUENTE

Uso del Agua	Riego
Cauce Receptor	Rio Segura

Cabe concluir, que para el caso de Lorquí y poblaciones similares con población menor de 10000 habitantes, con un volumen de depuración entre 1000-1500 m³/día, tienen en general ratios de consumo energético superiores a 1kwh/m³ con una horquilla de hasta 2kwh/m³, mientras que como en el ejemplo de la estación depuradora de Murcia Este, la horquilla del coste específico energético ronda entre los 0.4-0.5 kwh/m³.

En el caso de la Tecnología aplicada de Fangos activos, sobre la cual se basan todas las EDAR investigadas en Murcia, consiste en un sistema de depuración convencional mediante proceso aeróbico de los fangos en su variedad de oxidación total-aireación prolongada.

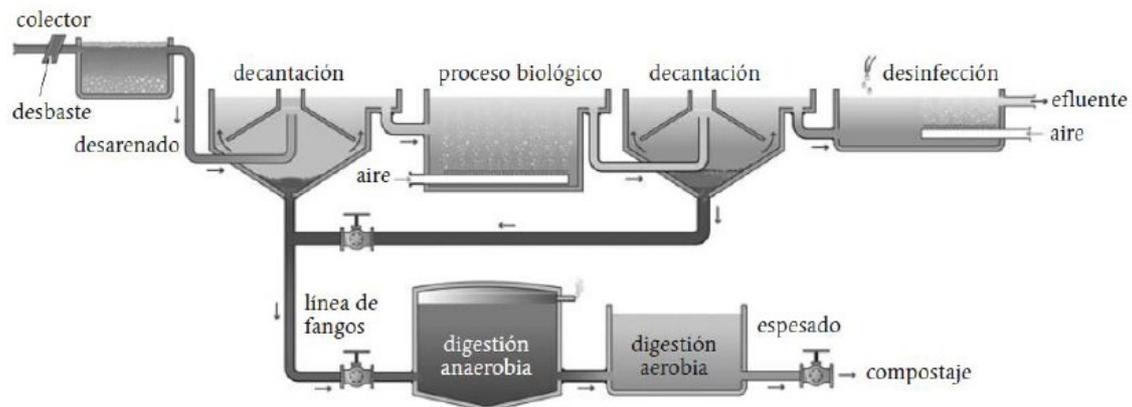
La materia orgánica es oxidada en el reactor biológico, a través del sistema de agitación y aportación de oxígeno mediante inyecciones a través de electrobombas, constituido por un compresor y una parrilla de difusores de burbuja fina. A la salida del reactor biológico la mezcla de agua y fangos, pasa a la zona de decantación, dónde parte de los fangos sedimentados son recirculados al reactor biológico como fango activo y el resto debe ser retirado periódicamente.



Esquema de procesos una estación depuradora EDAR de **fangos activos** por oxidación total

Se crea el ambiente idóneo para el desarrollo de flora bacteriana y microorganismos que degradarán la materia orgánica y los sólidos presentes en el agua residual

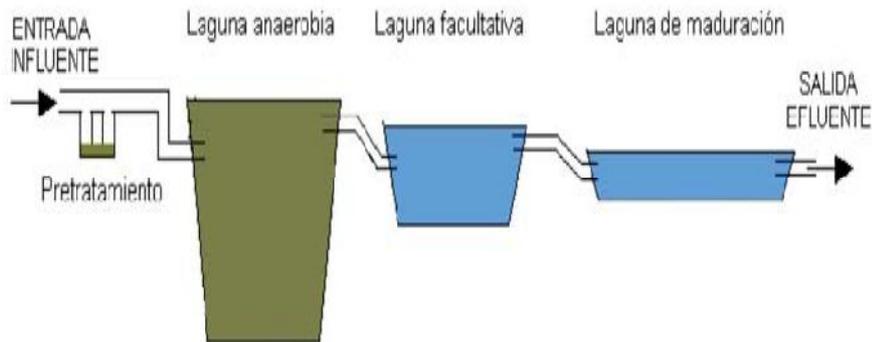
Estos sistemas instalados adecuadamente, por personal especializado, cumplen con el RD 1620/2007 a nivel nacional y con la Directiva Europea; teniendo una calidad del agua de salida válida para vertido directamente al terreno y posibilidad de reutilización para riego. Pueden incorporar otros sistemas adicionales, como sistemas de desbaste, cámaras grasas, tratamientos terciarios de afino para otros usos más restrictivos.



Ejemplo de esquema de una estación depuradora EDAR de **fangos activos** por oxidación total

Como indicamos, ejemplos de Depuración natural en las estaciones depuradoras EDAR de la Región de Murcia, sólo hemos encontrado la de Alguazas, **con tecnología blanda de bajo coste aplicada**, en concreto **sistema de Lagunaje**. Consiste en el almacenamiento de aguas residuales en lagunas durante un tiempo variable en función de la carga aplicada y de las condiciones climáticas, de forma que la materia orgánica resulte degradada mediante la actividad de los microorganismos presentes en el medio acuático, La variedad de los filtros verdes consisten básicamente en la aplicación de un caudal controlado de agua residual sobre la superficie del terreno, donde previamente se ha instalado una masa forestal o un cultivo.

Con ello se consigue, además de la depuración del efluente, el crecimiento de especies vegetales, generalmente arbóreas maderables, y la recarga artificial del acuífero.



Tendríamos que irnos a barriadas, pedanías, núcleos rurales diseminados menores de 1000 y 500 habitantes, para encontrar modalidades de depuración natural, como el caso de pedanías de Lorca, como La Paca, a cuyo tratamiento secundario se le ha añadido un terciario de afino basado en una técnica autóctona murciana denominada Depuración o Tratamiento Simbiótico (ver apartado 7.1.2)

Parece ser que empieza haber una tendencia a buscar técnicas blandas de bajo coste, como alternativa a la depuración y reutilización de aguas residuales, incluso promovidos por organismos con responsabilidad social, como es el caso de ESAMUR, en virtud de diversos factores, entre los que se encuentra el gasto energético, pero junto a otros como: cumplimiento normativa, costes de implantación y explotación.etc.

ALGUAZAS



ORIGEN INFORMACIÓN

Memoria de explotación 2009

SITUACION

UTMX (ED50)	649.442
UTMY (ED50)	4.213.650
Aglomeración Urb.	Alguazas
Término Municipal	Alguazas

POBLACIÓN

Servida	8.416
Equivalente	59.937

CAPACIDAD

Diseño (m³/a)	3.285.000
Actual (m³/a)	1.905.096

TECNOLOGÍA APLICADA

Lagunaje

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

	SS	DQO	DB05	uds
Entrada	245	1095	689	mg/l
Salida	107	91	35	mg/l
Rendimiento	56,30	91,70	94,90	%

UTILIZACIÓN DEL EFLUENTE

Uso del Agua	Riego
Cauce Receptor	Río Mula

LA PACA (LORCA)



ORIGEN INFORMACIÓN

Memoria de explotación 2009

SITUACION

UTMX (ED50)	602.061
UTMY (ED50)	4.192.138
Aglomeración Urb.	La Paca
Término Municipal	Lorca

POBLACIÓN

Servida	1.116
Equivalente	915

CAPACIDAD

Diseño (m³/a)	73.000
Actual (m³/a)	45.746

TECNOLOGÍA APLICADA

Fangos Activos - Aireación Prolongada + Tratamiento Simbiótico

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

	SS	DQO	DB05	uds
Entrada	469	971	438	mg/l
Salida	27	66	18	mg/l
Rendimiento	94,20	93,20	95,90	%

UTILIZACIÓN DEL EFLUENTE

Uso del Agua	Riego
Cauce Receptor	Río Turrilla

USOS	Tipo de Calidad	<i>Escherichia coli</i> UFC/100 ml	Nematodos	<i>Legionella spp.</i> UFC/100 ml
- Torres de refrigeración y condensadores evaporativos (3.2)	A	Ausencia	Ausencia	Ausencia
- Residenciales (1.1)		Ausencia	< 1 huevo/10L	< 100
- Recarga acuíferos inyección directa (5.2)		Ausencia	< 1 huevo/10L	No se fija límite
- Servicios urbanos (1.2) - Riego agrícola sin restricciones (2.1) - Riego campos de golf (4.1)	B	< 100-200	< 1 huevo/10L	< 100
- Riego de productos agrícolas que no se consumen frescos. - Riego pastos animales productores. - Acuicultura (2.2) - Aguas proceso y limpieza industria alimentaria (3.1)	C	< 1.000	< 1 huevo/10L	No se fija límite
- Recarga acuíferos por percolación a través del terreno (5.1)		< 1.000	No se fija límite	No se fija límite
- Riego cultivos leñosos, viveros y cultivos industriales (2.3) - Masas agua sin acceso público (4.2)	D	< 10.000	< 1 huevo/10L	< 100
- Riego de bosques y zonas verdes no accesible al público (5.3)	E	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite
- Ambientales: mantenimiento humedales, caudales mínimos (5.4)	F	La calidad se estudiará caso por caso		

Tabla 6. Tipos de calidad según los límites bacteriológicos del RD de reutilización

d) En cuanto a los usos, indicar que en Murcia del 99% de aguas reutilizadas, aproximadamente el 97% va destinado a riego agrícola, y el resto a recuperación de acuíferos y caudal hidrológico. Así pues un 13% de los recursos hídricos utilizados en la agricultura murciana proviene de la reutilización de aguas residuales. (E. Cánovas Ros, 2012, p.3)¹⁰.

¹⁰ E. Cánovas Ros, 2012, *Influencia del riego deficitario controlado y agua regenerada en arboles jóvenes de pomelo*

Si bien las posibilidades de reutilización de las aguas residuales tratadas son numerosas, sin duda la reutilización con fines agrícolas es la práctica más extendida y posiblemente, en zonas como la Región de Murcia, el destino más adecuado y racional. (A. Viso Rodríguez, 2005, p.3)¹¹.

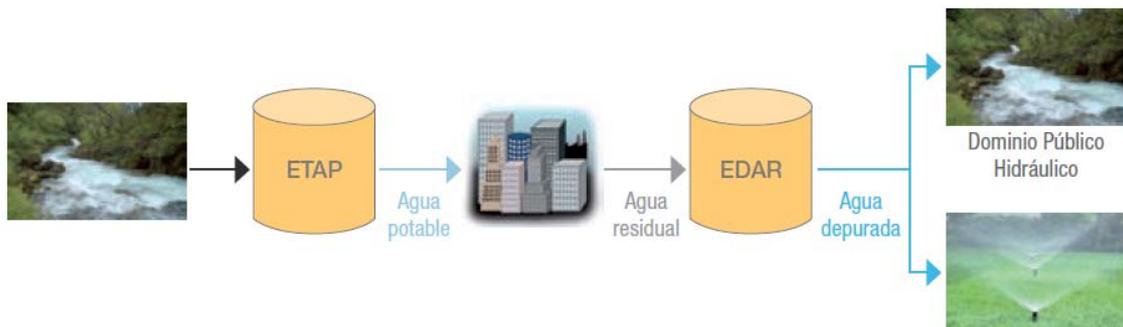
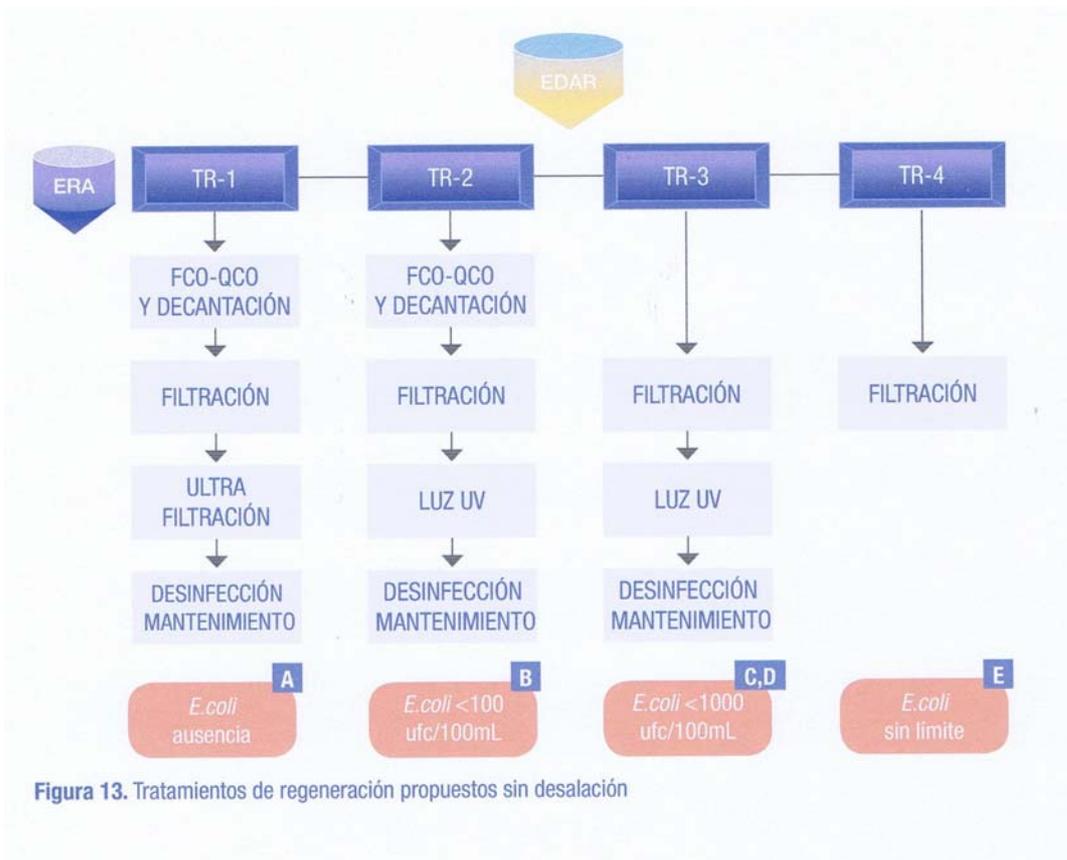
Como bien puede apreciarse en las fichas técnicas aportadas, la utilización del efluente de las aguas regeneradas por las EDAR, su uso principal es el riego, básicamente de tipo agrícola, ó a disposición del dominio público.



REAL DECRETO DE REUTILIZACIÓN Usos establecidos (13)

	1. URBANOS	2. RIEGO AGRÍCOLA	3. INDUSTRIALES	3. RECREATIVOS	5. AMBIENTALES
Centro de Estudios Hidrográficos					
	<p>1.1. Usos residenciales Riego jardines privados; Descarga de aparatos sanitarios</p> <p>1.2. Servicios urbanos Riego de zonas verdes; Baldeo de calles; Sistemas contra incendios; Lavado industrial de vehículos</p>	<p>2.1. Contacto directo del agua con partes comestibles 2.2. Productos cuyo consumo se realiza después de un tratamiento posterior; Pastos para consumo de animales productores de leche o carne; Acuicultura 2.3. Cultivos leñosos; Flores ornamentales, viveros e invernaderos; Cultivos industriales, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas</p>	<p>3.1.a. Aguas de proceso y limpieza excepto industria alimentaria; Otros usos industriales</p> <p>3.1.b. Aguas de proceso y limpieza de la industria alimentaria</p> <p>3.2. Torres de refrigeración y condensadores evaporativos</p>	<p>4.1. Riegos de campos de golf</p> <p>4.2. Estanques, caudales circulantes ornamentales a los que está impedido el acceso del público al agua</p>	<p>5.1. Recarga de acuíferos por percolación a través del terreno</p> <p>5.2. Recarga de acuíferos por inyección directa al agua</p> <p>5.3. Riego de bosques y zonas verdes; Silvicultura</p> <p>5.4. Otros usos ambientales: mantenimiento de humedales; caudales mínimos y similares.</p>

¹¹ A. Viso Rodríguez, 2005, *Reutilización de aguas residuales para riego. Tendencias tecnológicas, Jornadas sobre tratamiento de aguas residuales industriales conectadas a redes públicas de alcantarillado 2005, Centro Tecnológico de la Energía y del medio ambiente.*



ETAP: Estación de Tratamiento de Agua Potable.

Figura 8. Uso del agua en estaciones depuradoras

Al igual que en el resto de España, el patrón de usos de reutilización de agua regenerada en Murcia, suele ser mayoritariamente agrícola con parte de uso urbano, muy escaso, y recreativo, básicamente campos de golf.

Caudales reutilizados en España por usos y CC.AA.						
USO	USO AGRARIO	USO AMBIENTAL	USO INDUSTRIAL	USO RECREATIVO	USO URBANO	SUBTOTALES
Andalucía	13,847	0,000	0,000	9,679	0,685	24,210
Aragón	0,000	0,000	0,000	0,000	0,170	0,170
Baleares	19,035	0,000	0,000	4,203	5,002	28,240
Canarias	17,800	0,000	0,000	0,000	0,000	17,800
Castilla-La Mancha	2,230	0,000	0,000	0,552	0,179	2,960
Cataluña	7,913	28,648	1,014	5,534	1,051	44,160
Valencia	113,517	27,539	0,000	3,482	4,121	148,660
Extremadura	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Madrid	0,000	0,389	0,000	2,190	2,901	5,480
Murcia	83,598	0,000	0,000	0,341	0,581	84,520
País Vasco	3,429	8,571	0,000	0,000	0,000	12,000
TOTAL CAUDAL (Hm³/año)	261,368	65,148	1,014	25,980	14,689	368,200

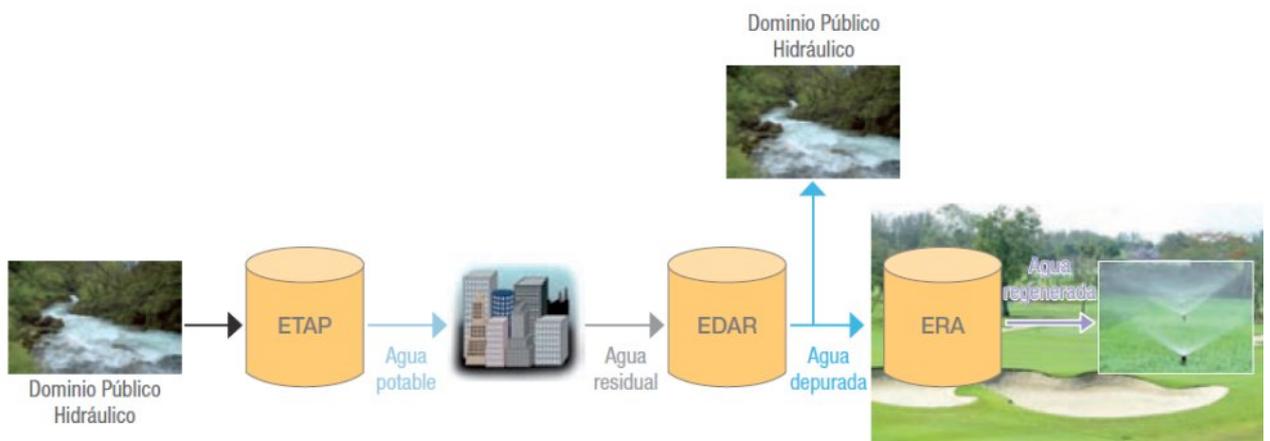
Fuente: CEDEX 2008

Mientras que en España, el segundo uso en importancia es el ambiental, en el que se incluyen la restauración de humedales, recuperación de acuíferos, infiltraciones para evitar la intrusión salina o la restitución de caudales ecológicos (destacan Cataluña y Valencia), en Murcia el segundo destino sería el uso urbano, (en muy pequeña proporción) riego y baldeo de calles y uso recreativo para riego de campos de golf, no siendo éste último comparable con Comunidades Autónomas como Cataluña, Andalucía, Baleares, dónde está mucho más extendido. (J. Melgarejo, 2009, p.259)¹².

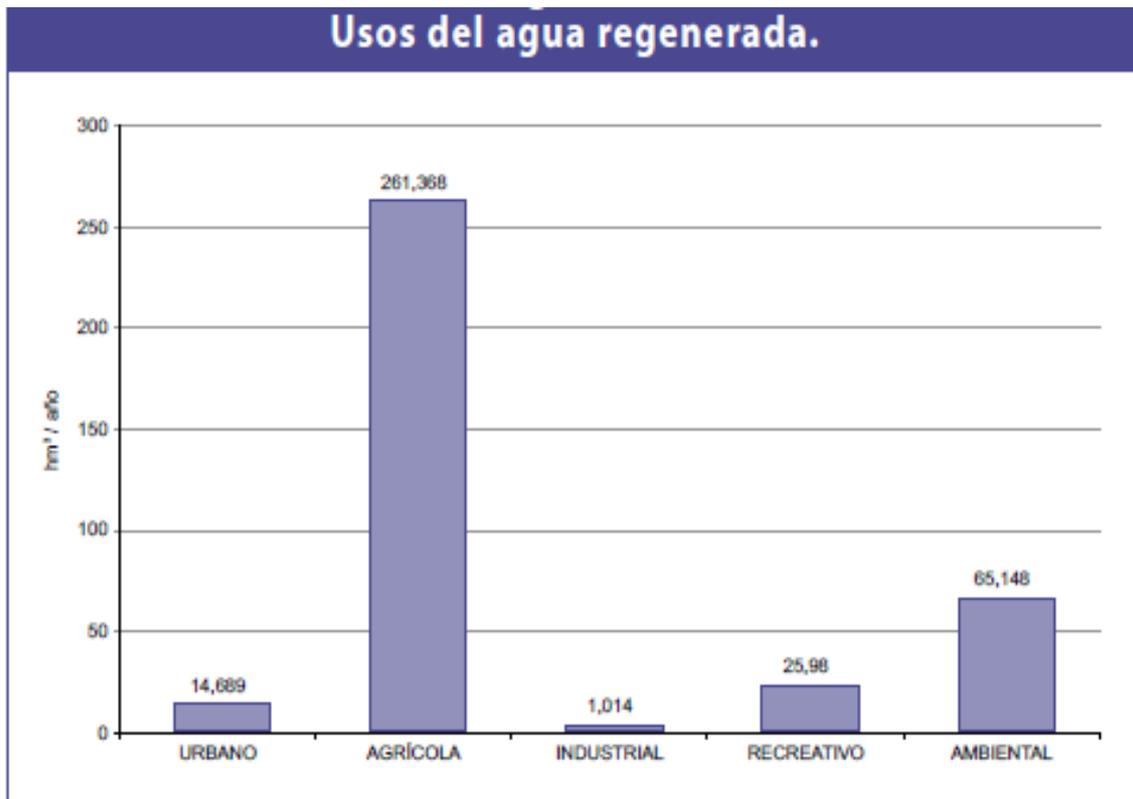
Indicar que a mayores calidades de uso de aguas regeneradas mayores ciclos de tratamiento y por lo tanto de coste energético. Así para utilización de riegos de jardín privado y descarga de aparatos sanitarios (usos residenciales) según establece el 1620/ 2007, (ver anexo 3) se necesitaría un TR1 en ausencia de bacterias, mientras que para riego de zonas verdes públicas, calles, campos de golf, incendios, se necesitaría TR2.

¹² J. Melgarejo, 2009, *Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España*

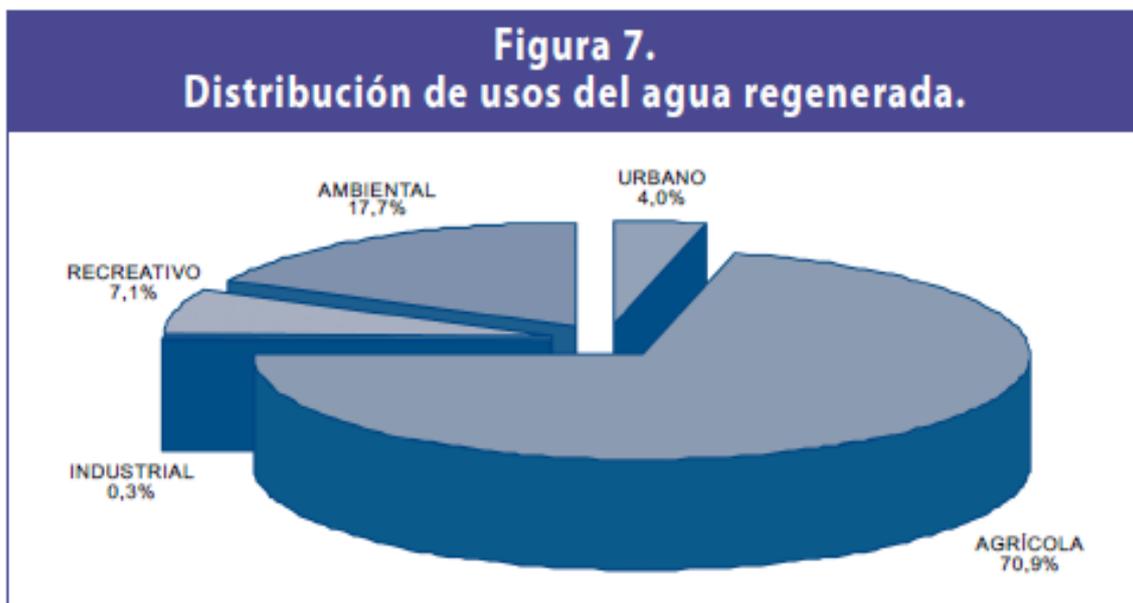
La diferencia entre ambos tratamientos está, en la sustitución de la ultrafiltración por una desinfección con luz ultravioleta, suficiente para lograr cotas de calidad exigidas disminuyendo los costes energéticos de forma considerable.



Esquema Reutilización de aguas procedentes EDAR urbana para riegos campos de golf



Fuente: CEDEX, 2008.



Fuente: CEDEX 2008

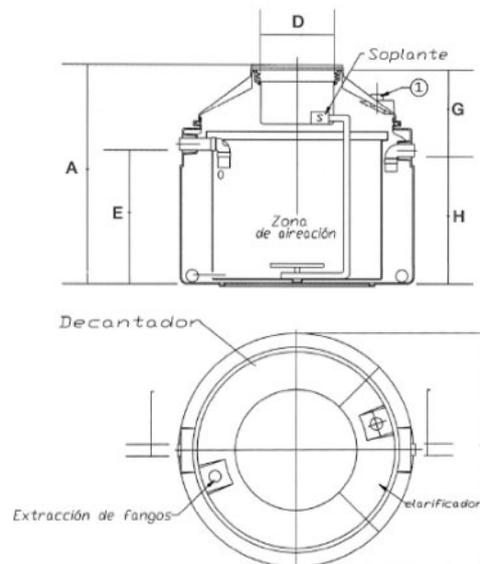
7.1.1.2. Sobre las EDAR o sistemas depuración aguas domésticas

- a) A través de la información facilitada por empresas locales y principalmente del arco mediterráneo, (Simop, Azud, Golfat, Biotrit, Biodigester, Salher) dedicadas a la fabricación de sistemas de reutilización de aguas, todas coinciden en:
- 1) los sistemas de reutilización de aguas están muy poco generalizados a escala de viviendas unifamiliares y plurifamiliares y algo más extendidos en edificios de servicios (hoteles) o públicos. Se implantan fundamentalmente en aquellas viviendas que no se encuentran conectadas a la red de saneamiento municipal.
 - 2) En estos casos, el **sistema de fosa séptica** y decantación primaria (tratamiento primario) son los más extendidos, teniendo en cuenta que no resuelven más que de un modo parcial la depuración de las aguas residuales, luego necesitarían de tratamientos adicionales o un sistema de depuración más amplio para usos más restrictivos.

Depuradora de oxidación total ST2-07



Sistema de depuración ecológico.
Fácil instalación.
Fácil mantenimiento.



Ventilación Ø 100 mm
Canalización fangos decantados
Ventilación aireador

Por lo tanto, se trata de sistemas que se implantan por necesidad, sin depurar correctamente las aguas; que se infiltran en el subsuelo, contaminando a veces éste, y transmitiendo malos olores. Por su parte, las aguas con sedimentos

almacenadas en la fosa, los fangos, deben trasladarse, con elevados costes, a la depuradora municipal.

En la zona estudiada, Región de Murcia y concretamente en el término municipal de Murcia y limítrofes, existen Normativas locales, que prohíben el uso de fosas sépticas y obligan a proyectar sistemas de reutilización de aguas residuales, como los de oxidación total, para procurar vertido según Normativa y en todo caso para reutilizar para agua de riego.

- 3) Sería este sistema, **oxidación total**, el convencional mas extendido en viviendas unifamiliares o predominantemente para pequeños núcleos; de tratamiento secundario y sistema de aireación prolongada a través de depuradoras compactas.

Estas estaciones depuradoras, funcionan por el principio de “Los fangos activos” de baja carga en su variante de acción prolongada, tal como se explicó e apartado 5.5.1.1.c.

7.1.2. Sobre Los Sistemas de Depuración natural o bajo coste a escala urbana y doméstica en la Región de Murcia. El sistema no convencional de depuración Simbiótica en Murcia

Finalmente, en la zona estudiada, se están implantando, otros sistemas que podríamos calificar como no convencionales, pudiendo cumplir no por ello, con la normativa mencionada.

Según se desprende de los datos de la directiva de la CEE, son tratamientos adecuados: primarios y secundarios, para cumplir las exigencias de depuración en pequeños núcleos.

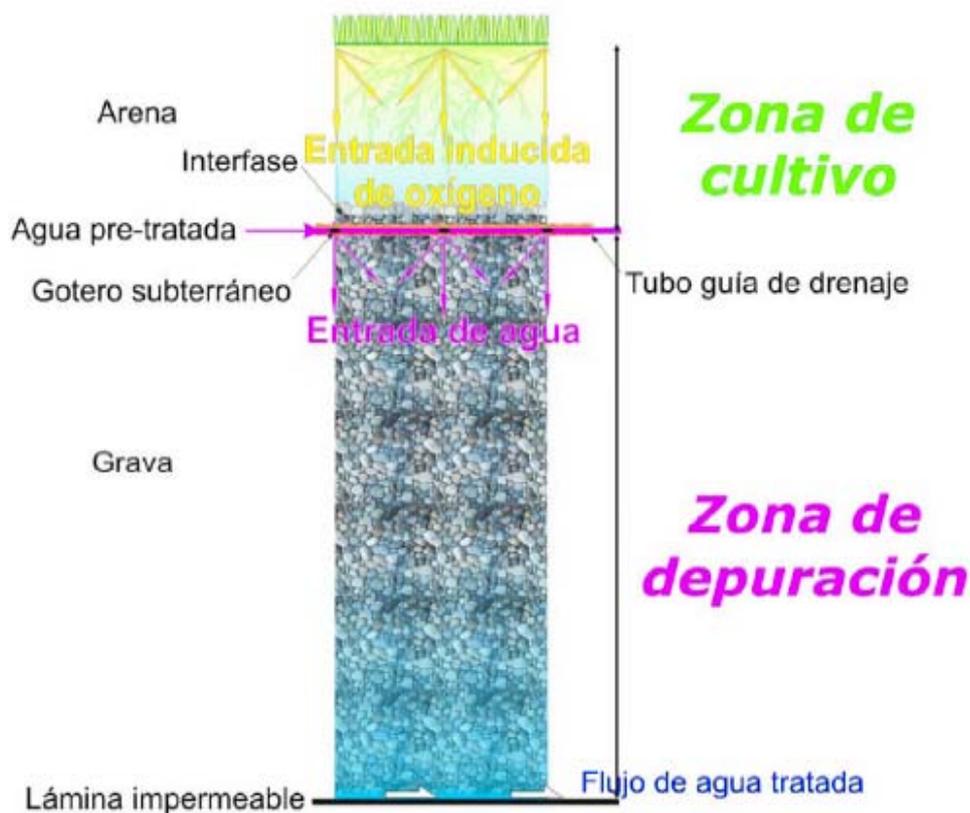


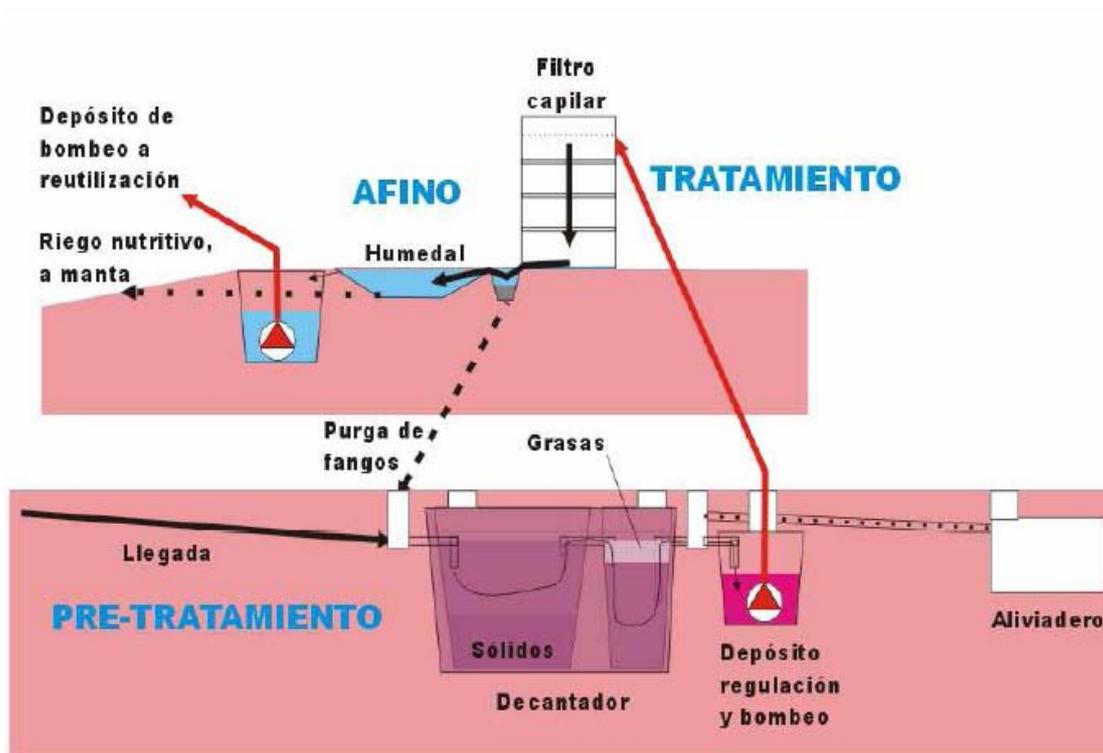
Figura-esquema rector biológico vertical Depuración Natural Simbiótica

Así mientras en medios y grandes núcleos de población (>10000 habitantes) los sistemas y tecnologías convencionales de sistemas de reutilización

son casi imprescindibles por sus altas exigencias (hay que acudir a sistemas terciarios), en núcleos pequeños, se puede emplear una gama más variada de procesos y menores exigencias, cuyos condicionantes son otros como disposición de espacio, factores ambientales ó de organización de explotación.

Surgen así, las llamadas depuradoras naturales_ecológicas o sistemas blandos, de bajo coste, que pueden ser adaptados a viviendas unifamiliares aisladas con parcela.

En concreto, la empresa Golfrat, S.L. Gestión integral del Agua, ha introducido, la denominada **Depuración Simbiótica**, la cual es una técnica murciana, totalmente ecológica, patentada en el año 1999, que permite la generación de jardines y otras áreas verdes recreativas, agrícolas o deportivas, sobre la superficie de una eficiente depuradora de aguas grises, residuales urbanas o industriales, desarrollándose ambas actividades (depuración y cultivo) en perfecta armonía.



Esquema proceso-fases tratamiento Depuradora ecológica "Simbiótica"

La zona de depuración de este proceso está constituida por un lecho de gravas, de espesor variable, que se aísla del terreno mediante la correspondiente base impermeable.

El agua residual se aplica por medio de una red de goteros subterráneos, colocados en el interior de tuberías ranuradas, sobre las gravas, para provocar su percolación a través de las mismas. Una vez alcanzada la base impermeable, el agua residual, ya depurada, discurre, por gravedad, hacia los puntos de vertido, almacenamiento o bombeo, para su reutilización en otras superficies.

Una Regeneradora Simbiótica debe disponer básicamente de;

- Un **pretratamiento**, para la separación de sólidos-grasas y regulación de caudales de llegada
- Un **aliviadero**, en caso de avería
- Un **reactor de tratamiento**, para la transformación de la materia orgánica en nitratos y la desinfección natural de las aguas
- Un **humedal de afino** para la desnitrificación y continuación del proceso de desinfección natural de las aguas
- Un sistema final de **desinfección adicional**, en función del uso al que vayan a destinarse las aguas depuradas, para el caso de usos interiores (llenado de cisternas, limpieza) rayos UV, láser; para el caso de usos exteriores (riego jardín) cloro, para cumplir sanitariamente.
- **Un compostaje**, para tratamiento de fangos.

Las características de cada uno de los procesos enunciados varían en función del tipo y caudal de agua a tratar. La necesidad de superficie filtrante depende del caudal a tratar, carga orgánica del agua y del grado de calidad que se pretenda conseguir en el caso del sistema horizontal, y de la altura del lecho capilar en el caso del sistema vertical.

En este sentido, partiendo de un agua típicamente doméstica, y un objetivo de calidad final equivalente al tratamiento terciario, la altura total del lecho capilar es de 204 cm: 23 cm de sustrato de cultivo y 181 cm de lecho de grava o similar, incluidos los tres tramos de reoxigenación del agua.

La desinfección natural generada por el proceso de tratamiento de la depuradora simbiótica expuesta es suficiente para la reutilización de las aguas tratadas para usos agrícolas en riego por goteo.

PRE-TRATAMIENTO



TRATAMIENTO



Fotos . Elementos depuradora e integración en el paisaje y en el entorno casa unifamiliar-huerto

HOTEL DEL CENAJO. MORATALLA. MURCIA.

Objetivo:	Regeneración de las aguas residuales del Hotel y las Dependencias de la CHS
Destino de las aguas tratadas	Riego de áreas verdes y Vertido a cauce
Entidad:	Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
Descripción:	Pretratamiento, 4 fases de tratamiento, en horizontal, y humedal desnitrificador
Caudal de tratamiento:	58 m ³ /día
Habitantes Equivalentes:	900
Superficie de tratamiento:	68 m ² de superficie filtrante (17 m ² por fase)
Inicio tratamiento:	Abril de 2009 - Actualidad
Observaciones:	La depuradora incorpora huertos de recreo y se inserta en un paraje natural de alto valor ecológico

SYMWA



Fotos. Sistema depuración Natural Simbiótica: Pretrat. + 4 fases trat. Horizontal + humedal afino

Para obtener la calidad exigida en el Real Decreto 1620/2007, tanto para el riego de los jardines privados, como para la descarga de aparatos sanitarios, será necesario añadir al depósito de reutilización una pastilla de cloro y/o rayos UV respectivamente.

Para la **reutilización** final de las aguas tratadas es aconsejable disponer de un depósito de almacenamiento, de 1m³ de capacidad mínima, imprescindible para

el riego del jardín y el huerto de la vivienda, e incluso para el suministro de los inodoros existentes en la vivienda.

El mismo sistema de depuración ecológica puede transportarse a otras tipologías edificatorias o desarrollos urbanos; es el caso de edificios turísticos o de servicios, como hoteles, dónde la misma técnica se transporta a una mayor escala. Son consecuentemente, aplicaciones en poblaciones limitadas que necesitan de superficie, pero al mismo tiempo revalorizan paisajísticamente el entorno.

Existe el ejemplo de la depuración ecológica aplicada en pequeños núcleos urbanos por debajo de 15.000 habitantes, como puede ser el caso de un complejo Universitario; en concreto el Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia.

A partir de un acuerdo entre ESAMUR y, la Universidad de Murcia, se apostó como depuración y laboratorio experimental, por esta técnica dónde la reutilización de aguas residuales producidas en los edificios del campus, regeneraba al mismo tiempo áreas verdes, recreativas y deportivas, desarrollándose ambas actividades (depuración y regeneración de zonas verdes y de cultivos) en perfecta armonía.

La investigación de éste TFM sobre alternativas de reutilización de aguas residuales domésticas a escala urbana no convencionales, adopta como patrón de referencia esta técnica de Depuración natural, para proponer alternativas sostenibles; dónde el planeamiento urbanístico podría considerar el concepto en nuevas planificaciones urbanas, núcleos residenciales adecuados, creando espacios públicos ecológicos y sostenibles: el humedal (la balsa) como espacio público.

Pasemos a exponer estas propuestas.



Fotos. Sistema depuración ecológica y entorno Campus Universitario de Espinardo (Murcia)

Capt.8.DESCRIPCION PROYECTO DEPURACION SIMBIOTICA MURCIA. LINEA DE INVESTIGACION PARA UN DESARROLLO HIDRICO SOSTENIBLE.

8.1. DESCRIPCION PROYECTO DEPURACION SIMBIOTICA UNIVERSIDAD DE MURCIA (UMU). ACCESO A INFORME CIENTIFICO.

8.1.1. Introducción. Antecedentes.

Dentro del programa de investigación y desarrollo llevado a cabo por ESAMUR, Entidad Pública de Saneamiento y depuración de las aguas residuales de la Región de Murcia, se desarrolló junto a la Universidad de Murcia, un convenio experimental de puesta en marcha de una EDAR basada en tecnología Simbiótica en el campus universitario de Espinardo.

ESAMUR, firmó un convenio con la Universidad de Murcia, UMU, para la construcción de una planta simbiótica experimental para la depuración de hasta 750 m³/ día de aguas residuales, para una población que en determinados momentos puede tener una población de 25000 estudiantes, si bien es cierto que ésta actuaba como segunda depuradora, auxiliando la EDAR convencional que ya existía en el campus.

El presupuesto, además de incluir el coste de la construcción, incluía dos programas de investigación durante 5 años, para llevar a cabo tanto el control microbiológico como el físico-químico del agua depurada, así como las distintas fases del proceso, rendimientos, y costes energéticos.

8.1.2. Desarrollo Proyecto.

El sistema propuesto, desarrolla una tecnología capaz de depurar aguas residuales, con bajas y altas concentraciones orgánicas contaminantes, en ausencia total de olores y fangos y con generación simultánea de una cubierta verde. Es un sistema mixto que se distingue por la existencia de dos zonas bien diferenciadas (depuración y cultivo).

La zona de depuración, está formada sobre un lecho percolador de gravas (filtro biológico) de 120 cm de espesor, que se aísla del terreno mediante la correspondiente base impermeable. El agua residual se aplica por medio de una red de goteros subterráneos. Este lecho se comporta exclusivamente como filtro biológico dónde tiene lugar la descomposición de la materia orgánica en CO₂ Y agua

La zona de cultivo, en este caso un cultivo ornamental, creador de entorno, paisaje, se sitúa como ya vimos en el apartado 7.1.2. sobre la depuración, y está formada por un sustrato arenoso, de unos 30 cm de espesor, capaz de absorber,

por capilaridad una pequeña parte de la humedad generada por la zona inferior. Ese sustrato aunque en sí mismo no contribuye a la depuración de aguas, favorece el reparto homogéneo de las mismas al actuar como dispersante de las gotas.



8.1.3. Datos aportados y esquema funcionamiento. Acceso a informe científico UMU.

La aplicación de este sistema en la UMU, está formado por Pretratamiento + 4 Fases Simbióticas.

Podríamos decir que la fase de pretratamiento en éste sistema de Depuración natural, es similar a las EDAR convencionales vistas con idéntico proceso por etapas (reja-desbaste, decantación. Separación de grasas, desarenado, tamizado, etc) al igual que el tratamiento primario basado en procesos físico-químicos y por bombeo .



Es a partir del tratamiento secundario o proceso biológico dónde surge la diferencia, pues se trata de un FILTRO PERCOLADOR, o REACTOR BIOLÓGICO DE LECHO FIJO, caracterizado por:

- La utilización de filtros de anillas como sistema esencial de pretratamiento;
- El empleo de goteros subterráneos para la aplicación del agua al lecho;
- El diseño de una estructura interior que relaciona depuración y cultivo;
- Y la colocación de un dispositivo vertical que permite la oxigenación natural del lecho en profundidad.

La línea de investigación seguida en éste TFM, ha conseguido acceder a través de la metodología de fuentes marcada, al “Informe del Seguimiento Científico de la Depuradora Simbiótica del Campus de Espinardo en la Universidad de Murcia” (Ver anexo 4).

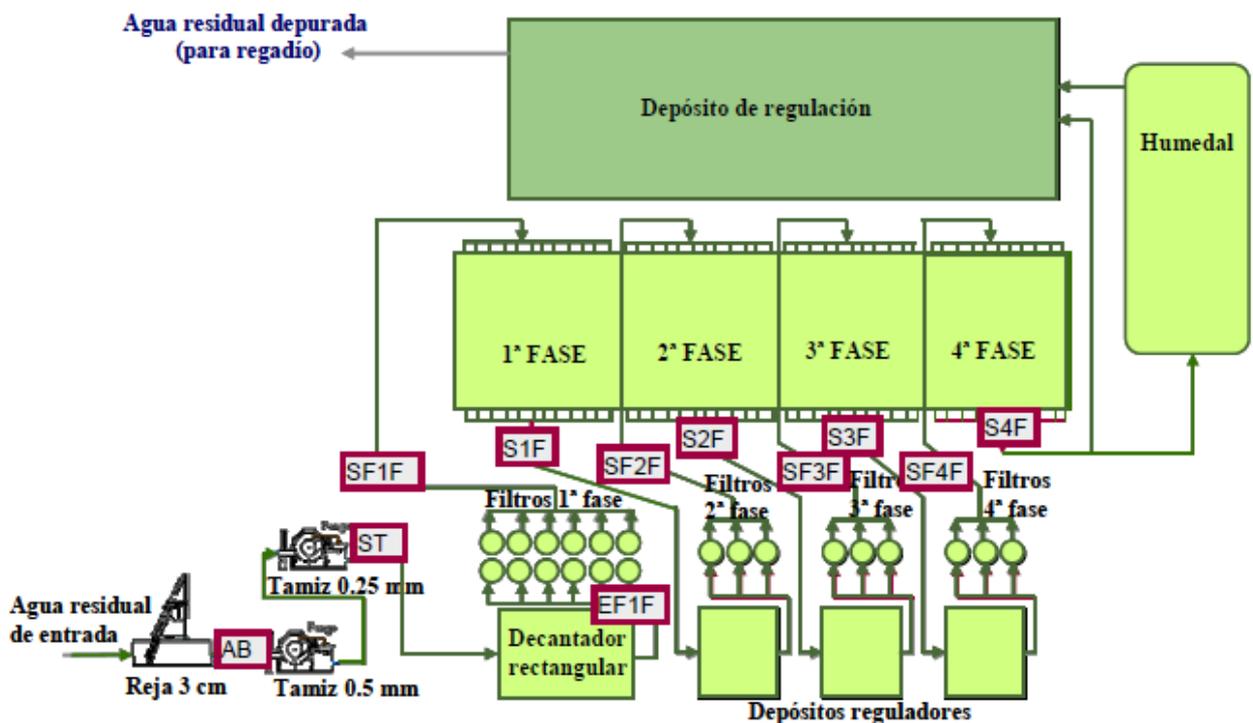
A través del cual se recogen los últimos datos de seguimiento de la depuradora en fase experimental desde Enero de 2008 a Julio de 2008, en cuanto a resultados analíticos de los muestreos en distintos puntos del sistema (ver Figura_esquema Fases), con los objetivos de:

- comprobar la validez de ésta tecnología de depuración y detectar sus ventajas e inconvenientes.
- Conocimiento-evaluación base del funcionamiento del reactor natural o lechos de gravas, intentando ver su respuesta ante una entrada determinada de aguas residuales.

- Relación respuesta con otros parámetros, y aspectos operacionales de la planta (rendimiento fases, gasto energético, etc.)

Así, se ha controlado la variación de los distintos parámetros de calidad a lo largo del tratamiento de Depuración natural durante el periodo establecido, estudiando la evolución de los mismos con el tiempo, recogiendo la caracterización físico –química de agua (diagrama de flujo) en los siguientes puntos de muestreo:

- AB**= entrada del agua a la planta
- ST**= Salida del Támiz
- EF1F**= Entrada Filtros de anillas de la 1ª Fase
- SF1F**= Salida Filtros de anillas de la 1ª Fase/ Entrada 1ª Fase
- S1F**= Salida 1ª Fase
-etc.



Figura_ Esquema FASES y flujo Depuradora Simbiótica UMU, con lo distintos puntos de muestreo

Cada uno de los ciclos de entradas a los filtros de anillas y salida se corresponde con la entrada correspondiente al reactor o lecho de gravas asociado donde se produce éste tratamiento físico-químico de depuración natural como se aprecia en el esquema modalidad horizontal que presenta la Depuradora Simbiótica UMU .

Finalmente para alcanzar el estado de depuración perseguido (uso para riego zonas verdes Campus, que se correspondería con un TR2 según el RD 1620/ 2007) se necesitarían 4 fases más la desinfección natural de las aguas (por depredación) sin necesidad de desinfectante alguno.



En relación a los filtros de anillas del pretratamiento, se trata de una instalación limpia, que proviene del sector agrícola, y que se ha adaptado su tecnología a las necesidades muy superiores de las aguas residuales sin depurar.

El riego por goteo que emplea el reactor procede igualmente del sector agrícola. Este dispositivo ha sido dotado de los mecanismos, infraestructuras y controles necesarios para su adecuado mantenimiento, y es el responsable de la ausencia de luz y algas en el reactor y la consecuente eliminación de todos los problemas de colmatación que las algas generan en los filtros percoladores clásicos.

La aplicación subterránea del agua evita además el contacto con las personas, con una distribución homogénea en toda la superficie, y contribuye a evitar la evaporación y la emisión de aerosoles y malos olores, cuyo efecto negativo es tan frecuente en otros sistemas de depuración.

En contraste con el resto de técnicas disponibles, este sistema ecológico ofrece un lecho biológico continuamente oxigenado, por difusión. Ello se debe al estado capilar permanente de las aguas en el referido lecho, lo cual posibilita la transferencia del oxígeno atmosférico al agua y a los microorganismos.

La oxigenación del lecho se consigue mediante dos dispositivos diferentes: **Horizontal** (el utilizado en el sistema de Depuración natural de la UMU, según figura...) y **Vertical (según figura anterior 7)**, cuya diferencia fundamental consiste en la necesidad de mayor superficie y menor espesor del lecho en el dispositivo horizontal.

La estructura interna del conjunto no requiere mantenimiento alguno y está formada, de arriba abajo, por cultivo, substrato de cultivo, interfase, lecho biológico y base impermeable.

El lecho o reactor está compuesto de materiales sueltos y limpios de finos (piedra en las depuradoras de aguas urbanas).

8.1.4. Conclusiones al informe Científico sobre Depuradora Simbiótica UMU.

Los resultados del informe científico, dieron lugar a un anexo para la difusión de los éstos (Anexo 5): “Comunicación oral en la Mesa Española de Tratamiento de Aguas” celebrada en su 8ª edición en Diciembre de 2008 en Canarias.

- a) Resultados analíticos de la calidad del agua en distintos puntos del sistema de Depuradora Natural Simbiótica:¹³

Calidad del efluente final y valores de la Directiva			
Parámetro	Rango	Valor medio	Directiva 91/271/CEE
□ pH	(7.47 - 8.30)	7.76	
□ Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	(4.15 - 18.5)	9.25	
□ Conductividad (mS/cm)	(1.90 - 2.66)	2.34	
□ SST (mg/L)	(5 - 19)	11	35
□ DQO (mg O ₂ /L)	(21 - 51)	33	125
□ DBO ₅ (mg O ₂ /L)	(2 - 5)	3	25
□ NTK (mg N/L)	(0.3 - 3)	1	
□ N-NH ₄ ⁺ (mg N/L)	(0.1 - 3)	1	
□ Nitratos (mg N/L)	(7.6 - 31.7)	15.9	
□ PT (mg P/L)	(2.7 - 5)	4	
□ P-PO ₄ ³⁻ (mg P/L)	(1.7 - 4)	3	

- El efluente obtenido o agua resultante tras el tratamiento de las aguas residual del Campus de Espinardo, reúne los requisitos establecidos por la Directiva 91/271/CEE, sobre tratamiento de aguas residuales urbanas.

El RD 1620/2007 de reutilización de aguas residuales para riego de zonas verdes fija un valor de sólidos en suspensión totales, SST de 35 mg/L, valor muy superior al obtenido

¹³ DBO= Demanda Biológica oxígeno: DBO, indica materia orgánica presente agua

DBO5= Oxígeno consumido medido en la degradación de sustancias oxidables agua, acción microbiológica

SS= Sólidos en suspensión,

- Los rendimientos de eliminación de los principales parámetros estudiados fueron superiores al 94% para DQO (demanda química de oxígeno), al 97% para DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno) y al 95% para SST (sólidos en suspensión totales).

- Por su parte los rendimientos de eliminación de nutrientes oscilaron entre el 57% y 90% para nitrógeno total y entre el 5% y el 56% para fósforo total. Además a lo largo del tratamiento se produce un incremento de la concentración de oxígeno disuelto O₂, con el correspondiente aumento de la concentración de nitratos

- Con el tratamiento final de afino en un humedal, la depuración simbiótica presenta igualmente un altísimo rendimiento hidráulico (sin pérdidas por evaporaciones) y un elevado grado de depuración que termina con la desinfección natural de las aguas (por depredación) sin necesidad de desinfectante alguno. Se alcanza un importante poder de desnitrificación.

Finalmente indicar que todos los resultados obtenidos, confirman que la tecnología de depuración simbiótica es adecuada para el tratamiento de agua residual del Campus de Espinardo, y la calidad de efluente desde el punto de vista físico-químico, es adecuado para el uso del regadío en las zonas verdes de la Universidad y cumple con la directiva europea sobre depuración de aguas residuales (91/271/CEE)

b) Resultados del consumo energético de la planta en los distintos tratamientos:

- Según el informe científico, el consumo medio de la planta es de 0.87 kwh/m³, correspondiendo en valores medios, al 70% de éste consumo al pretratamiento (0.61kwh/m³) y el 30% restante al consumo del bombeo en fases (0.26 kwh/m³).

- El pretratamiento oscila entre 0.55 kwh/m³ y 0.71 kwh/m³, mientras que el bombeo en las fases de tratamiento primario y tratamiento secundario oscila entre 0,20 y 0.32 kwh/m³, sin haber aporte energético ni en el reactor biológico o filtro de gravas ni en el humedal o afino natural.

- Esta dispersión en los ratios de consumo energético, se obtienen por una serie de factores como la cantidad y la calidad de agua a tratar, no haber un caudal constante, la climatología, presencia de aguas de lluvia, etc; que condiciona mayores tiempo funcionamiento tamices, compresores, frecuencia filtros de anillas, etc.

No obstante, si comparamos los consumos energéticos de la Depuradora Natural Simbiótica con los de EDAR convencionales anteriormente estudiadas de la Región de Murcia, para una media de 10000 habitantes,

los ratios oscilan entre una horquilla de 1,3 kwh/m³ y 2 kwh/m³, superior holgadamente a los 0.87 kwh/m³, Además es ésta última la población puede ser de hasta 25000 estudiantes.

c) Otros resultados:

- arranque de la planta rápido, su mantenimiento y operación es sencillo, no necesitando personal especializado, no se generan olores desagradables y que la generación de fango es muy baja.
- Fácilmente construible, personal con adecuada formación, no requiere especialistas homologados, materiales autóctonos, potencia la economía social del lugar

El informe científico concluye: *“ con todo esto se puede concluir que la depuración simbiótica satisface, con creces, las necesidades de depuración del agua residual del Campus Universitario de Espinardo. Sin embargo deberían cuidarse algunos aspectos operacionales e intentar establecer en base a la experiencia obtenida de la planta, un protocolo de mantenimiento preventivo de los equipos que permita mejorar el funcionamiento de depuradoras futuras”.*

8.2. ALTERNATIVAS Y PROPUESTAS, NUEVOS DESARROLLOS URBANOS: DE LA DEPURACION NATURAL_SIMBIOTICA DE LA UMU A UNA REFORMA URBANA SOSTENIBLE.

Este Sistema de Depuración blanda, con tecnología de bajo coste de implantación (construcción, materiales, infraestructura, etc) y coste de explotación (gasto energético) moderado, inferior a las EDAR convencionales, puede responder positivamente a todos los marcos contextuales que suponían barreras a la implantación de sistemas de reutilización de aguas residuales a escala doméstica-urbana que vimos en el bloque I:



- Científicamente está ratificado por Informe científico de organismos Oficiales como la Universidad de Murcia, a través de su Departamento de Química aplicada a tratamientos del Agua. De igual manera otros organismos y entidades públicas del agua con responsabilidad sanitaria y de gestión como ESAMUR, han aplicado esta técnica, complementándola a EDAR convencionales como es el caso de la pedanía de La Paca (Lorca).

- Cumple el RD 1620/ 2007 para los usos TR2 marcados, como serían riego de zonas verdes públicas y baldeo o limpieza de calles, según Informe técnico UMU. Igualmente aunque éste no se pronuncia para este uso, también cumpliría para los usos de TR2, llenado de cisternas de inodoro con un mínimo tratamiento de afino posterior como rayos U.V, ó cloración, según RD 1620/2007.

Al mismo tiempo se confirma, la no existencia de malos olores, fundamentalmente de nitratos (huevos duros podridos, tan típica de éstas instalaciones) por realizarse las reacciones aguas residuales-O₂, siempre en presencia de éste (aérobicas) y a su vez de forma subterránea. Cumpliendo de ésta forma medioambientalmente el Régimen jurídico de reutilización de las aguas depuradas.

- Económicamente se ha realizado una comparativa en cuanto a costes de explotación entre las Estaciones Depuradoras Convencionales de la Región de Murcia (EDAR), implantadas y gestionadas por una Entidad Pública del Agua, dando como resultado horquillas de consumo energético inferior moderadamente y a la baja, a favor de la Depuradora Natural de Técnicas Blandas de la UMU.

En cuanto al consumo hídrico, ha quedado demostrado que Murcia depura el 99% de las aguas residuales de origen urbano, dotándolas de un uso de reutilización básicamente agrícola.

- Es en la planificación urbana y nuevos desarrollos de modelos en aglomeraciones de población, dónde con esta modalidad de Depuración Natural, de técnicas blandas y bajo coste, se pueden generar propuestas, alternativas urbanas sostenibles, dónde se combine ahorro energético y de agua, control de residuos, creación de un entorno agradable y mejora de las condiciones higrotermicas, la creación de un espacio público y la percepción del bienestar en el usuario, el ciudadano.

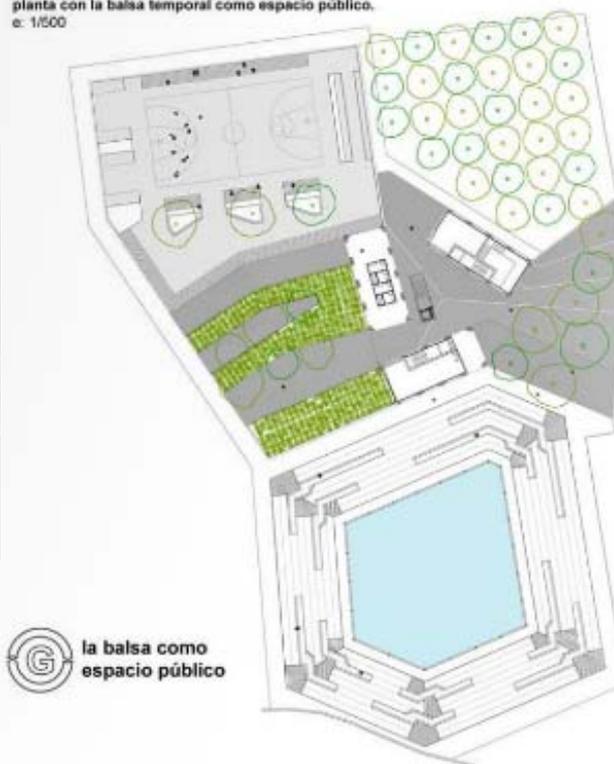
Pasemos a exponer estas alternativas y su potencial, en base a los dos elementos estrella de este sistema: la balsa (el humedal) y el reactor-filtro verde (el espacio público):

A) Nuevos desarrollos urbanos entorno a la depuración natural. Entorno al agua se genera vida. Si consideramos el humedal (proceso final depuración simbiótica), el embalse o la balsa como un elemento potencial (agradable, sin olores, creador de entorno, etc.) pronto surge el concepto urbano de **Equipamiento público** para todo el núcleo poblacional o agrupación.

Puede tener fines deportivos, de esparcimiento, turísticos, enriquecen el entorno de la ciudad o pueden potenciar zonas periféricas. Con el tiempo se integran en el paisaje y forma parte de la vida del usuario.

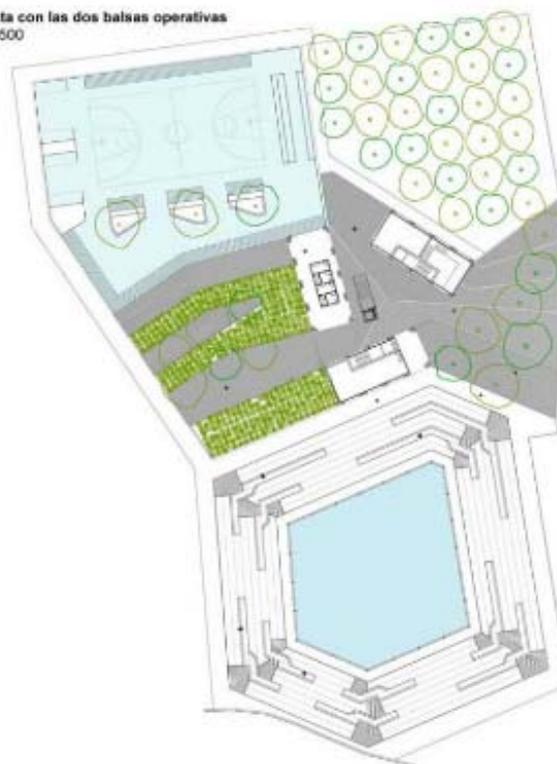


planta con la balsa temporal como espacio público.
e: 1/500



la balsa como
espacio público

planta con las dos balsas operativas
e: 1/500



la balsa como
espacio público

Los **embalses temporales** funcionan la mayor parte del tiempo como espacios públicos de uso deportivo, a modo de **equipamiento** para todo el núcleo urbano. En caso de necesidad se transforman en balsas de regulación. Los **embalses permanentes** forman una nueva **topografía** que se integra en el espacio público aumentando su diversidad.



estructura mediante
básicas interco-
nismas todo el
así como la parte
dencial y terciario
resolver de forma
sistema de reciclo
multifocal, con
is y a la vez distin-



Se pueden crear espacios verdes sobre la superficie del lecho filtrante o zona de cultivo, además es un excelente recurso hídrico para su reutilización en cualquier especie arbórea y mediante cualquier técnica de riego. En definitiva la balsa como espacio público, embalses permanentes que forman una nueva topografía del Paisaje.

B) Versatilidad para el aprovechamiento de las aguas pluviales. De las escorrentías urbanas en épocas torrenciales y difícilmente asumibles por las depuradoras y redes de saneamiento convencionales, o simplemente por el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia de zonas urbanas.

Auxiliando de depósitos de almacenamiento al humedal, o balsas auxiliares-secundarias, se podría planificar un viario o conjunto de canalizaciones de recogida de pluviales que fueran a parar a la balsa principal, mezclándose con el agua tratada ya en afino, ó bien independientemente en otros depósitos paralelos.

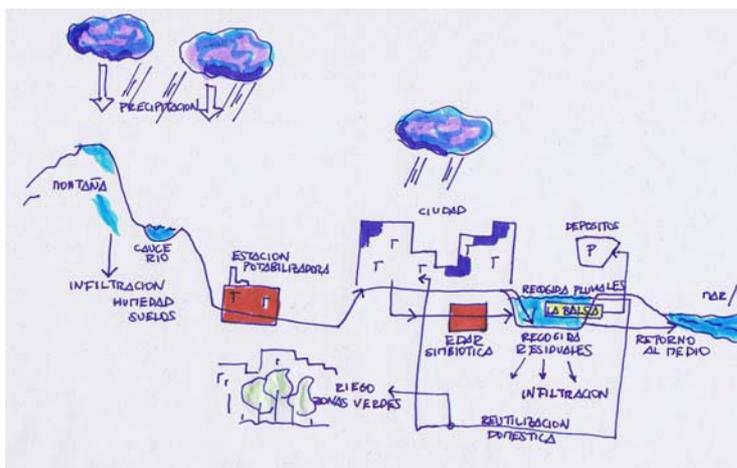
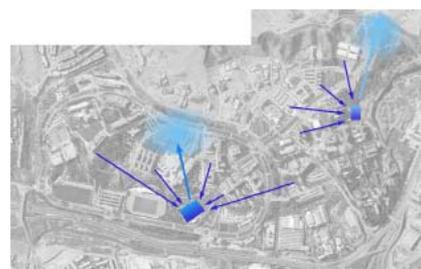


Fig. Recuperación ciclo natural agua en la ciudad en torno a la Depuración Simbiótica. Elaboración propia

Fig. Planificación viaria recogida pluvial a estanque. Postdamer Platz. Berlín



Operación Daimler-Chrysler en la Postdamer Platz, Berlín, Alemania; arquitecto, Renzo Piano. Plano de conjunto del sistema de recuperación de las aguas de lluvia; taller Dreisehl, Hans Otto Wink. A la izquierda, detalle de un estanque.

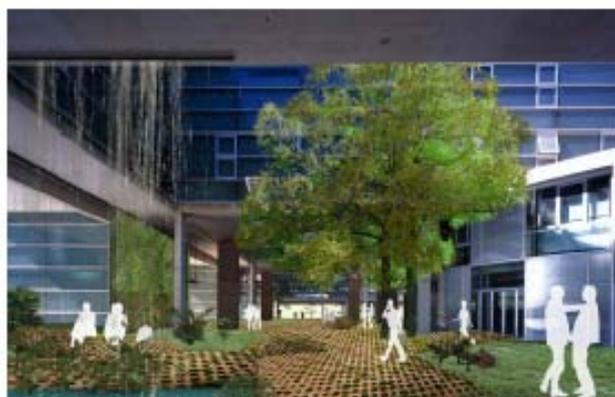


Se lucharía de esta forma contra la inundación de las ciudades y recuperar el ciclo natural del agua en la ciudad.

Se fomentaría el desarrollo de sistemas urbanos de drenaje sostenible, recuperando el ciclo natural del agua mejorando la capacidad filtrante de los terrenos. Al mismo tiempo, se reducirían las escorrentías, la erosión del terreno y el polvo, y la contaminación. Este objetivo junto con el anterior son estrategias muy importantes contra la desertización que afecta al sureste español.

C) Creación de pequeños ecosistemas. Integración-introducción de pequeños estanques con vegetación específica distribuidos en torno a cada edificio.

Se potencia la flora y la fauna autóctona, la biodiversidad urbana, se mejoran las condiciones higrotérmicas (ventilación, humedad, temperatura, etc.) y el bienestar del usuario y las condiciones del entorno. Se potencia el aumento de superficies porosas en contra de los suelos impermeables. Ayuda a luchar contra “islas de calor”, la impermeabilización de las ciudades.



Las zonas verdes sobre el “filtro subterráneo”, podrían emplearse como objeto de investigación y vehículo didáctico para multitud de disciplinas, sobre todo para las que puedan potenciar el foco estratégico relacionado con la agroalimentación. Por tanto lo verde puede crear espacios productivos para la universidad o a través de huertos didácticos, ecológicos o de investigación.

A través de estas Depuradoras Naturales, se puede recuperar ecosistemas degradados y regeneración de riberas o cauces de ríos, recarga de acuíferos con agua tratada y a su vez especies autóctonas endémicas o a punto de desaparecer.

Un objetivo marcado en este proyecto sería poder reducir las temperaturas extremas y la humedad, sobre todo en los meses calurosos. Este objetivo tendría beneficiosos resultados también para el interior de los edificios, que se ven muy afectados por las condiciones exteriores. El verde por tanto es una herramienta que ayuda a mejorar la eficiencia energética, tanto en el exterior como en el interior.

D) Desarrollo de un hábitat Energético. Junto con la depuración y reutilización de aguas residuales, hemos comprobado que la Depuración natural Simbiótica es eficiente energéticamente con respecto a las EDAR convencionales.

En determinados entornos como **Campus universitarios o Parques Científicos**, se podrían desarrollar investigaciones sobre fuentes de energía paralelas en base a la depuración natural. Es el caso de Plantas de Cogeneración para el aprovechamiento del compostaje o fango producido.

Estas plantas suministrarían energía eléctrica y térmica que podría a su vez autoabastecer a los procesos de pretratamiento y tratamientos primarios de la propia depuradora o incluso disponerlo en la red para el aprovechamiento de otros edificios o su venta.

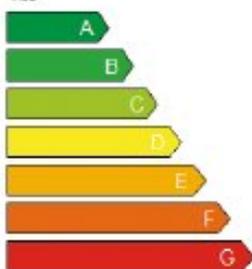
Se desarrollarían líneas de investigación entorno a la autosuficiencia de éste tipo de Depuración ó la simbiosis de Depuración natural y creación de recursos energéticos. En paralelo podrían surgir viveros de empresas que desarrollarían tecnologías fomentando el sector de las renovables y los movimientos sociales en torno al auge económico siempre que se apostara por políticas medioambientales.

En definitiva, se crearía y potenciaría un “**Hábitat energético**”, un foco-ecosistema de ahorro hídrico y energético donde la inversión en I+D+I fomentaría políticas de desarrollo sostenible.

En suma, es lo que en varias ciudades de Europa se está conociendo como una reforma sostenible, con la salvedad de que nuestra propuesta tiene como punto de partida, un principio básico que debe regir en todo desarrollo urbano: el ahorro de agua y la eficiencia energética. En nuestro caso y acotando a la Región de Murcia, a partir de nuevas técnicas de Depuración natural de aguas residuales, esperanza de un futuro inmediato en el que también tengan cabida.

CALIFICACIÓN DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS
ETIQUETA DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA

Más



Menos



RESULTADOS del trabajo de Investigación

CONCLUSIONES investigación BLOQUE I

► **Sobre el Marco teórico y los razonamientos para la baja proliferación de sistemas de reutilización de aguas residuales domésticas en tipologías edificatorias:**

A) De índole administrativa

- **Es necesario impulsar e incluso obligar por parte de la Administración del Estado, de la zona del Levante en general, y de Murcia en particular, la instalación de estos sistemas en nuestros edificios.**

- Aunque en España ya se empieza a detectar esa tendencia, (con leyes autonómicas, CTE; etc.), y se es consciente del problema a nivel social, quizás nuestra cultura del ahorro hídrico, traducido en la implantación de estos sistemas a escala doméstica, **no estará plenamente vigente hasta que la Administración nos repercuta en nuestro bolsillo lo que realmente cuesta el m³ de agua potable.** Futuro inmediato con disposiciones pendientes de entrada que subirán de forma sustancial el coste (Directiva Marco Europea del agua), dónde se habla de un precio común del agua para la Unión europea.

- Además, **la Administración no puede seguir financiando estos costes, sin que el usuario sea consciente,** y las señales son evidentes en el panorama actual del gasto público, con síntomas tan importantes como la aprobación de la Reforma de la Constitución para el techo de la deuda pública.

B) De índole social-económico

- **Es necesario concienciar al ciudadano y dar visibilidad a estos costes de cara al usuario,** informar a la opinión pública de todo lo que se encierra tras la compleja gestión del servicio, lo que está pagando por el y lo que habitualmente paga por otro tipo de servicios. En España **se debería apostar por más políticas de subvenciones o exenciones fiscales al ahorrador** y retribuciones altas al consumidor no concienciado.

- **Es necesario saber que los costes del agua van implícitamente relacionados con la energía ó dependencia energética del sector,** concienciando a la población de quien más consume agua potable por implicación directa más contamina en forma de aguas residuales y por lo tanto más debe pagar. Este cambio de cultura, motivará valores de concienciación de recursos hídricos, basados en economías

de hogares que se plantearan opciones de sistemas de reutilización domésticos a escalas familiares.

C) De índole técnico-sanitario

- Aunque nuestro propósito, sea la implantación de un sistema de reutilización doméstico (vivienda unifamiliar), **se deben cumplir unas condiciones sanitarias marcados por los valores límites de emisión de carga viral o contaminación efluente marcado por el RD 1620/2007.**
- La salud pública es competencia de las tres Autoridades: Estatal, Autonómica y Municipal, por ello **la tendencia es ser muy restrictivo con el cumplimiento de la Normativa**, imponiendo numerosas y exigentes medidas de seguridad incluso a nivel de usuario particular o unidad doméstica. **Algunos autores incluso afirman que la Normativa parece disuadir a los usuarios para que no reutilicen sus aguas.**
- A pesar de los restrictivos cumplimientos, se desprende del estudio, el gran desarrollo que existe en la actualidad de técnicas de reutilización de aguas, y el número de fabricantes que comercializan ya sus productos bajo cumplimiento normativa. Esto indica que **es una opción con un futuro cercano para las tipologías de viviendas estudiadas, cuando sea impuesta por normativa,**

D) De índole urbano-medioambiental

- **La planificación de la ciudad marca la sostenibilidad del recurso hídrico.** En ciudades nuevas dónde pueden construirse redes separativas, puede satisfacerse la demanda de agua no potable desarrollando sistemas de regeneración o reutilización de aguas.
- **La eficiencia relacionada con el ciclo del agua y por lo tanto de respecto al Medio ambiente**, está sujeta básicamente a dos grandes aspectos: la optimización de la demanda doméstica a partir de la aplicación de medidas de ahorro en hogares, y la sustitución de parte de la demanda por agua no potable procedente del ámbito urbano, lo que **implica un nuevo concepto de ciudad, dónde se realice un aprovechamiento de las aguas pluviales, residuales y subterráneas.**
- Es lo que en varias ciudades de Europa, se está conociendo como **una reforma urbana sostenible, dónde se combina ahorro energético y de agua**, control de residuos, creación de un entorno agradable y mejora del microclima gracias a poner soluciones para luchar contra la impermeabilización del suelo en las ciudades.

A nivel doméstico, la implantación se impondría si los modelos urbanos de nuestras ciudades apostaran por esta reforma europea.

► **Sobre la demanda de consumos y las comparativas en el ahorro y reutilización de agua en función a las tipologías edificatorias estudiadas:**

- Es evidente, que tanto en viviendas unifamiliares como colectivas en bloque, la implantación de sistemas de reutilización de aguas residuales es viable e interesante de impulsar su instalación. Si bien es cierto que la decisión de implantar un sistema de recuperación de aguas grises y /ó pluviales, y que usos se van a beneficiar del agua reutilizada, será la clave del éxito dependiendo de la tipología edificatoria al que se aplique.
- Es necesario pues una planificación y estudio de los consumos y posibles ahorros, así como de los costes de implantación y explotación (viabilidad económica). Con esté análisis y asesorándonos por la experiencia e investigación de fabricantes, nos ayudará para la elección del sistema y proceso idóneo de reutilización de aguas a instalar.

En líneas generales, los sistemas de reutilización de aguas residuales grises, son viables tanto en viviendas unifamiliares como plurifamiliares, alcanzándose unos ahorros entre el 30 y 35% respectivamente, además toda planificación hídrica debe ser acompañada de mecanismos de ahorro y en determinados casos estudiar si es recomendable complementarla con sistemas de captación de pluviales.

- Respecto a éstos últimos, hemos concluido que instalados por sí solos, no resultan rentables en plurifamiliares en bloque (sobre todo en núcleos consolidados o ciudad compacta con edificios de varias alturas) y pueden resultar interesantes en unifamiliares, dónde el incremento del consumo por usos exteriores se dispara, pudiendo alcanzar unos ahorros entorno al 45%.
- Con estos datos, se hace patente porque ciertas comunidades han empezado a tomar cartas en el asunto y mediante normativas plantean estos sistemas sobre todo en bajas densidades, dónde se promueven tipologías edificatorias cuyo reclamo es los usos exteriores, las zonas verdes y piscinas.
- A efectos de ciudad sostenible, se deduce en cuanto al ahorro de recursos hídricos y energéticos, la ciudad compacta con altas densidades, es más sostenible que la ciudad extensible, y todas las nuevas tendencias europeas de planeamiento urbano sostenible se caracterizan por buscar altas densidades, en tipologías edificatorias de pocas alturas, creando espacios verdes que a su vez se mantienen por la regeneración de aguas residuales y la captación de pluviales.

CONCLUSIONES investigación BLOQUE II

► Sobre la Política de Gestión Hídrica, depuración y reutilización de aguas residuales domesticas en la Región de Murcia.

- La Región de Murcia se caracteriza por depurar y reutilizar prácticamente el 100% de las aguas residuales de origen doméstico urbano, siendo líder en España junto a otras Comunidades como la Valenciana. Conforme marca la directiva europea 91/271/CEE, prácticamente toda la población está conectada a saneamiento, cumpliendo en plazo antes de 2005 todas las poblaciones o aglomeraciones urbanas menor de 2000 habitantes.
- El sistema de depuración o red de estaciones, está basado en casi 100 Estaciones depuradoras de aguas residuales o EDAR, y pequeñas plantas de tratamiento, que basan sus tecnología en sistemas convencionales, basados en procesos físico-químicos de tratamiento primario, secundario y terciario más desinfección.
- Estos tratamientos tienen altos costes energéticos, pues a mayor número de tratamientos por planta mayor son los costes de infraestructura, medios, maquinaria, etc. Lo que quiere decir que a mayor calidad obtenida según el uso que se le dé al agua reutilizada, mayor coste económico y energético.
- Se ha demostrado mediante las fichas técnicas de algunas EDAR, y ratios de consumo energético aportados por ESAMUR, Entidad de gestión del Agua residual y de saneamiento Murcia, que el coste energético es muy importante, considerándose generalmente el 30% del coste total de la explotación, aunque a veces la horquilla en depuradoras obsoletas o mal dimensionadas ó con bajos rendimientos puede llegar hasta suponer el 60% de los costes totales de explotación.
- Prueba de ello es que existe una política de Auditorías energéticas en las EDAR existentes y de nuevas líneas basadas en el diseño, selección de equipos y apoyo en energías alternativas en las EDAR en proyecto.

► Sobre los usos dados a las aguas depuradas y reutilizadas en la Región de Murcia.

- A pesar de depurarse el 100% de las aguas residuales en Murcia, prácticamente el uso exclusivo para la reutilización de estas aguas es el uso agrícola.

Es de aquí, del uso destinado, junto con el derroche energético que supondría por infraestructura y medios, el que no exista un uso domestico para agua reutilizada (para uso interior de viviendas). Es decir, la Región de Murcia considera inviable

con el actual sistema de saneamiento y EDAR, apostar por un desarrollo y planificación con el fin de poder hacer uso en nuestras viviendas además de un agua potable, de otro sistema separativo, por ejemplo para llenado de cisternas de agua no potable.

- Así pues, en Murcia, no se ha apostado por planificaciones hídras urbanas de reutilización de aguas residuales para usos domésticos. Y sí por reutilización para el uso agrícola. Si no se apuesta a escala urbana con un sistema separativo de aguas, es muy difícil fomentar políticas de ahorro o de sistemas interiores de vivienda a nivel de usuario.

Pensar en reutilización para usos domésticos interiores en viviendas es actualmente inviable, si se ha demostrado que resulta altamente deficitaria energéticamente (costes que la Administración no puede afrontar) la reutilización para uso agrícola u otros usos urbanos.

Las políticas de planificación y gestión de recursos, basadas en otras energías alternativas más rentables tendrán mucho que decir al respecto.

- El segundo uso destinado en Murcia a las aguas residuales reutilizadas, en muy baja proporción, sería la restauración de acuíferos y del caudal ecológico, sobre todo en origen, y finalmente el riego de parques y limpieza o baldeo de calles.

Siendo muy pocos los municipios que lo emplean. Es el uso de riego de campos de golf existente, pero prácticamente despreciable junto a otras comunidades como Barcelona, Valencia, Baleares o Andalucía, dónde es muy abundante y en algunas de ellas por imposición de Normativa.

► Sobre cuales son los sistemas implantados en la zona del estudio:

- Los sistemas de reutilización de aguas en el Termino Municipal de Murcia y limítrofes están poco generalizados a escala de vivienda unifamiliar y plurifamiliar, y si se implantan es fundamentalmente porque no se encuentran conectadas a la red de saneamiento municipal o por imposición de Normativas Locales.
- Por acuerdos de Juntas de Gobierno o Bandos Locales, existen localidades de la zona que están exigiendo sistemas de implantación de reutilización de aguas para la concesión de la Licencia de Obra de vivienda unifamiliar en Parcela aislada, en detrimento de fosas sépticas o pozos filtrantes (Véase anexo 1)
- El sistema de fosa séptica o tratamiento primario, ha sido hasta hace relativamente poco tiempo el más extendido, con los inconvenientes de no

resolver más que de un modo parcial la depuración de aguas, contaminación del medio, malos olores y repercusión económica de traslado de fangos periódicamente a la depuradora municipal o vertido a cauces.

- Sería este sistema, **oxidación total**, el convencional mas extendido en los últimos años en viviendas unifamiliares o predominantemente para pequeños núcleos; de tratamiento secundario y sistema de aireación prolongada a través de depuradoras compactas en la zona de investigación, para riegos de zonas ajardinadas o vertidos de aguas ya limpias, dónde la Normativa impone unas condiciones para su vertido.
- Existen iniciativas para enseñar a depurar aguas residuales a los propietarios de viviendas unifamiliares aisladas, supervisadas por organismos municipales del agua, EPA, Ente Público del Agua (Véase anexo 2)

► **Sobre otras técnicas blandas, de Depuración Natural ó bajo coste en la Región de Murcia.**

- Se está introduciendo en la zona del Levante en general y Murcia en particular, sistemas no convencionales pero que cumplen con el RD 1620/2007, suficientes para cumplir exigencias que marca directiva europea en pequeños núcleos. Son conocidos como sistemas naturales, depuradoras biológicas, soluciones de bajo costo y con una buena integración en el medio natural, llámese huerto o jardín acotando al modelo de vivienda unifamiliar aislada ó superficie verde con filtro bacteriano subterráneo y el humedal (la balsa) para otras magnitudes o escala.
- Parece ser que empieza haber una tendencia a buscar técnicas blandas de bajo coste, como alternativa a la depuración y reutilización de aguas residuales, incluso promovidos por organismos con responsabilidad social, como es el caso de ESAMUR, en virtud de diversos factores, entre los que se encuentra el gasto energético, pero junto a otros de cumplimiento bajo normativa, costes de implantación y explotación, etc.

Es el caso de la Paca, pedanía de Lorca, a cuyo tratamiento secundario se le ha añadido un terciario de afino basado en una técnica autóctona murciana denominada Depuración o Tratamiento Simbiótico

- A partir de sistemas de Depuración natural, y basándose en la técnica simbiótica, hemos demostrado el gran abanico de alternativas y propuestas sostenibles para nuevos modelos urbanos que aúnan potencial en la gestión hídrica y eficiencia

energética. Paralelo a ellos surgen grandes posibilidades de desarrollo de I+D+I, creación de empleo, movimientos sociales y racionales basados en comportamientos sostenibles.

- Es muy interesante apostar por ellos, se ha demostrado que la Depuración Natural de bajo coste tiene un coste energético muy inferior a la Depuración convencional.

Es necesario impulsar por parte de la Administración del Estado, de la zona del Levante en general, y de Murcia en particular su promoción.

FUTURA línea investigación

- Con la línea de investigación de este TFM, la metodología marcada de actualización del marco teórico, estado de la cuestión, lectura de los artículos científicos más destacados y actuales, y el desarrollo de trabajo de campo, se llega a una conclusión fundamental en la Reutilización de Aguas residuales domésticas-urbanas: “ la necesidad de cerrar el ciclo”. Nuestros residuos en este caso el agua, deben ser reciclados o reutilizados para otra vez ponerlos en valor.

Este TFM, apuesta por poner en valor esas aguas residuales para usos sobre todo urbanos (riego zonas verdes, parques, jardines, incendios, equipamientos urbanos, limpieza de calles y servicios generales) y restauración de los recursos hídricos y acuíferos para no perder el valor del Medio natural, que es lo que dá valor a todo lo demás.

Por su parte los usos domésticos deberían ser potenciados en tipologías edificatorias y residenciales atendiendo al modelo de ciudad: dispersa o compacta.

Desde luego, la reutilización de aguas para esos nuevos usos domésticos, reportando en el ahorro hídrico, debe de venir desde la perspectiva del bajo coste energético y la sostenibilidad.

Sin lugar a dudas, la alta tecnología esta ahí, y es necesaria, indispensable en grandes metrópolis y urbes, acentuado por el aumento poblacional en los próximos años en las ciudades, la concentración humana y el cambio climático.

Ello no quita, para que podamos apostar en determinados casos por sistemas blandos ó alternativas de bajo coste en reutilización de aguas residuales.

Apostemos por un “mix” de abastecimiento y saneamiento, dónde los transvases, las plantas potabilizadoras, depuradoras, regeneradoras, desalinizadoras, etc., todas deberán ser necesarias, pero en ese “mix” también se deben incluir

alternativas ecológicas como las de bajo coste presentadas como propuesta para nuevos desarrollos urbanos en este TFM.

- **Aprovechamiento del Biogás producido en el proceso de Depuración.** Se podrían desarrollar investigaciones sobre fuentes de energía paralelas en base a la depuración natural ó convencional. Es el caso de **Plantas de Cogeneración para el aprovechamiento del compostaje o fango producido en la depuración**, que en procesos de digestión y fermentación produce un volumen apreciable de gas, principalmente metano.

Estas plantas suministrarían energía eléctrica y térmica que podría a su vez autoabastecer a los procesos de pretratamiento y tratamientos primarios de la propia depuradora o incluso disponerlo en la red para el aprovechamiento al suministro urbano, contribuyendo a la eficiencia energética regional-nacional..

Se desarrollarían líneas de investigación entorno a la autosuficiencia de éste tipo de Depuración ó la simbiosis de Depuración natural y creación de recursos energéticos. En paralelo podrían surgir viveros de empresas que desarrollarían tecnologías fomentando el sector de las renovables y los movimientos sociales en torno al auge económico siempre que se apostara por políticas medioambientales,

BIBLIOGRAFIA

- Dominique Gauzin-Muller, 2002, *Arquitectura ecológica*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
- Ramón Collado Lara, 2002, *La Depuración natural de las aguas residuales en pequeños núcleos. Situación actual, compromisos y alternativas*, enlace visitado 20 abril 2011, <http://www.itp-depuración.com>
- Javier Palma Cerazo, 2003, *Aguas residuales en la Arquitectura Sostenible. Medidas preventivas y técnicas reciclaje*
- A. Viso Rodríguez, 2005, *Reutilización de aguas residuales para riego. Tendencias tecnológicas, Jornadas sobre tratamiento de aguas residuales industriales conectadas a redes públicas de alcantarillado 2005*, Centro Tecnológico de la Energía y del medio ambiente.
- Gil Rodríguez Manuel, 2006, *Depuración aguas residuales*
- Jordi Lluís Huguet, Mayo 2006, *El agua en la Bioconstrucción de los edificios*, conferencia 12/05/06 curso cíclico de Bioconstrucción, Colegio Oficial de Aparejadores y arquitectos técnicos de la Región de Murcia
- Javier Fábregas, 2003, *Apuntes depuración aguas residuales domésticas*
- Javier Fábregas, Mayo 2006, *Depuración natural*, conferencia 12/05/06 curso cíclico Bioconstrucción, Colegio Oficial de Aparejadores y arquitectos técnicos de la Región de Murcia
- Saurí.D, 2003, *Lights and Shadows of Urban Water Demand Management.*, Beta Editorial, Barcelona
- Robert Holden, 2003, *Nueva Arquitectura del Paisaje*, Gustavo Gili S.A., Barcelona
- Francesc Zamora Mola, Julio Fajardo, 2010, *Star Landscape Architects*, Loft Publications, S.L., Barcelona, España
- Francisco de Gracia, 2009, *Entre el paisaje y la arquitectura apuntes sobre la razón constructiva*, Nerea, S.A., Donostia-San Sebastián
- Javier Maderuelo, 2006, *Paisaje y pensamiento: pensar en el paisaje 1*, Abada Editores, Madrid
- COAMU, 2009, *Premios de Arquitectura de la Región de Murcia*, Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, Murcia

- A. Gómez López, 2009, *Modelización del flujo hidráulico para la mejora de la eficiencia energética en el proyecto de plantas de depuración de aguas residuales*, V Jornadas Técnicas de Saneamiento y Depuración. ESAMUR

-E. Cánovas Ros , 2012, *Influencia del riego deficitario controlado y agua regenerada en arboles jóvenes de pomelo*

-J. Melgarejo, 2009, *Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España*

-Manual de Buenas Prácticas Ambientales, del Ministerio de Medio Ambiente

-Guía Práctica de la Energía, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

-Esamur , Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia 2010, aguas residuales, *visita web 15 Noviembre 2011*, <<http://www.esamur.es>>

► **A través del mapa de recursos que ofrece la UA:**

- las bases UA (CSIC, Westlaw.ES, ProQuest, Iconda, etc.)

- Revistas o documentos papel Catálogo, Revistas electrónicas, gestores de referencia bibliográfica como Refworks

► **A través de Organismos y entidades Publicas:**

www.agbar.es

www.chsegura.es

www.epamurcia.org

www.esamur.com

www.orcc.es

www.sostenibilidad-es.org

www.um.es/oserm

www.um.es

www.carm.es

www.cedex.ex

Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña – IteC

www.fundacionentorno.org

www.construible.es

-A través de Empresa de reutilización aguas:

www.idemur.com

www.azud.com

www.simop.com

www.golfrat.com

www.biotric.com

www.biodigester.com

www.salher.com

www.clearwater.com

ANEXOS

ANEXO 1

 **AYUNTAMIENTO DE LAS TORRES DE COTILLAS (MURCIA)**

Maxi Mayor, 11 • Teléfono 968 62 65 11 • 968 62 69 51 • fax 968 62 64 25 • C.I.F. P-3003800-D
http://www.torresdecotillas.net e-mail: tcotillas@torresdecotillas.net

JUAN MANUEL SANCHEZ GARNES
AV. ALONDRA 54
03.183 TORREVIEJA (ALICANTE)

Nº EXPTE.: L.O. 34/09
FECHA: 23 DE JUNIO DE 2009
ASUNTO: REPAROS LICENCIA DE OBRA MAYOR.

Pongo en su conocimiento que, de conformidad con el informe, **DESFAVORABLE** emitido por el Técnico Municipal competente, en relación al expediente 34/09 sobre Licencia de Obras para **GARAJE Y VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA**, con emplazamiento en C/ EL AGUILA, URB EL COTO II, de Las Torres de Cotillas, solicitada por **JUAN MANUEL SANCHEZ GARNES**, con fecha 13 DE FEBRERO DE 2009, para continuar con la tramitación del expediente al que se hace referencia, tendente a la concesión de la oportuna licencia de obra, deberá subsanar en el plazo de diez días los reparos aportado la siguiente documentación:

REPAROS DEL PROYECTO DE OBRA

- Visto el informe sobre agua potable y alcantarillado emitido por la empresa **AQUAGEST REGIÓN DE MURCIA**, deberá proyectar y presupuestar un sistema de depuración de aguas residuales domésticas de oxidación total que permita la reutilización de las mismas para riegos o los vertidos de aguas ya limpias (Acuerdo de la Junta de Gobierno Local de 22 de diciembre de 2008).

REPAROS MEDIO AMBIENTALES

Deberá incluir en el Proyecto de Ejecución de la obra un **Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (EGRCD)**, Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrer, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción, y cuyo presupuesto deberá incluir:

- o Justificación del destino final de los residuos, recordándole la reciente apertura del nuevo Vertedero de Inertes Municipal, cuya tarifa está fijada en 4'5 €/Tn para residuos limpios y 6 €/Tn para residuos sucios, según ordenanza reguladora de la tasa de vertido en la escombrera municipal, BORM de 12/12/08.
- o Impuesto de la CARM por Almacenamiento de Residuos, según la Ley 9/2005 publicada en el BORM de 31/12/05.

Al subsanar las citadas observaciones deberá presentar también todos los documentos que se vean afectados por dicha subsanación.

En caso de no presentar la documentación requerida en el plazo indicado, o justificar la causa que le imposibilite hacerlo, se archivará el expediente sin más trámite.

Las Torres de Cotillas, a 23 de junio de 2009.

EL FUNCIONARIO
Fdo.: Caridad Vicente Muñoz

RECIBÍ EL DUPLICADO:
___ de ___ de 2009

ANEXO 2



Logo of the Ente Público del Agua Región de Murcia (EPA) and the Región de Murcia. Navigation buttons: INICIO, CONTACTO, AVISO LEGAL.

Región de Murcia

COMUNICACIÓN > NOTICIAS HÍDRICAS

- > ¿Qué es el EPA?
- > Conocimiento del agua
- > Comunicación
- > Proyectos
- > Sistema vigía
- > Agenda de eventos
- > Información para empresas
- > Información ayuntamientos
- > Información para el ciudadano
- > Foro
- > Enlaces de interés
- > Contacta con EPA

Ver video Corporativo
Descargar Flash Player 8

martes, 10 de noviembre de 2009

Enseñan a depurar aguas residuales a los propietarios de viviendas aisladas

La Asociación de Consumidores, Productores y Elaboradores de Productos Ecológicos, Salud Sostenible y la empresa Golftrat, S. L., a las que la CARM concedió los Premios al Desarrollo Sostenible 2008, realizaron un curso/taller en el que enseñaron, paso a paso, el procedimiento y los materiales adecuados para confeccionar una depuradora-regeneradora de aguas residuales en las viviendas particulares.

Se inscribieron un total de 30 participantes, mayoritariamente de las pedanías del municipio de Murcia, aunque también acudieron de otros municipios y comunidades vecinas, todos ellos propietarios de viviendas aisladas y desprovistas de redes de saneamiento municipales.

El Curso se inició con la explicación de los fundamentos y peculiaridades de la técnica empleada, 100% murciana, denominada depuración simbiótica. A continuación se visitaron las depuradoras en funcionamiento del Majal Blanco y de la Universidad de Murcia, donde se pudo comprobar la eficiencia, integración y simplicidad del sistema a instalar. La primera jornada terminó con la visita a una vivienda aislada de El Raal (Murcia) en la que tras el reconocimiento de la finca y los puntos de evacuación de aguas residuales, se realizó el diseño definitivo de la regeneradora con todos los elementos necesarios recopilados y expuestos.

La obra duró unos 7 días y se emplearon materiales cuya adquisición contó igualmente con la ayuda de las empresas Azud y Simóp

Todas las acciones descritas quedaron reflejadas, día a día, en un amplio reportaje fotográfico, on line (www.saludsostenible.org), disponible por los participantes, quienes estaban invitados igualmente a observar y a participar en la obra.

Todos los participantes fueron autorizados, sin coste alguno, a instalar esta técnica patentada en sus respectivas viviendas.

ANEXO 3

4.1.2. Tratamientos de regeneración en función de las calidades del RD de reutilización

Como resumen de la adecuación de la calidad de las aguas depuradas para su reutilización, a continuación se indican los tratamientos tipo propuestos en función de cada una de las calidades exigidas en el RD de reutilización y los usos asociados (marcados en azul).



Figura 15. Tratamientos de regeneración propuestos según las calidades del RD de reutilización

ANEXO 4

“Informe del Seguimiento Científico de la Depuradora Simbiótica del Campus de Espinardo en la Universidad de Murcia”

ANEXO 5

“Comunicación oral en la Mesa Española de Tratamiento de Aguas”
celebrada en su 8ª edición en Diciembre de 2008 en Canarias.

