

# Manual de Buenas Prácticas de uso de Aguas Regeneradas (2011)

## Comisión 5

Depuración de Aguas Residuales

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
1. Introducción.	2
2. Bases teóricas.	11
3. BP en la línea de saneamiento, tratamiento y reutilización.	17
4. BP en regeneración de aguas residuales depuradas.	23
5. BP de uso del agua regenerada.	25
6. BP de seguimiento del agua aplicada del producto.	35
7. BP de análisis y control.	34
8. Prácticas específicas.	43
9. Resumen ejecutivo.	59
Anexo 1: Manual Simplificado de Buenas Prácticas.	65
Anexo 2: Condiciones generales y particulares de aplicación en los distintos casos de reutilización.	76
Anexo 3: Legislación sobre reutilización	106
Acrónimos.	107
Resumen de figuras y tablas.	111
Bibliografía.	113



## 1. Introducción

Un manual de buenas prácticas es una herramienta imprescindible para el uso correcto de las aguas regeneradas, que debería asegurar:

- Una denominación común de los pasos y calidades de las aguas implicadas en la práctica para no dar origen a errores básicos.
- Que las aguas regeneradas se utilicen con un riesgo mínimo o un riesgo aceptable tanto desde el punto de vista sanitario como ambiental.
- Que el usuario final sea capaz de llevar a buen fin la reutilización sin dudas y sin consecuencias legales negativas.
- Que se limiten al mínimo los impactos ambientales negativos y se potencien los positivos de la reutilización.

### 1.1 Antecedentes

El uso de aguas regeneradas recibe su impulso de la necesidad de disponer de caudales de agua en aquellas zonas que tienen escasez temporal o estructural de recursos hídricos.

Puesto que la disponibilidad de recursos hídricos está asociada estrechamente con el clima, y esta es variable por definición, cualquier sistema de reutilización debe ser capaz de operar con un grado de elasticidad importante, desde la demanda cero a la demanda total de recursos teóricamente disponibles.

Por tanto, los sistemas de regeneración y reutilización deben estar pensados para ser capaces de generar recursos de agua de calidad legal en cualquier circunstancia de capacidad del sistema

En cualquier sistema de generación de agua, sea de la calidad que sea, existen dos piezas básicas, la demanda y la oferta. Si la demanda es superior a la oferta, el usuario final tiende a solicitar de las autoridades los recursos que requiere para operar eficientemente. Las autoridades pueden o no facilitarles los recursos que demanda pero a cambio de un coste del agua que puede o no asumir el usuario final. Esto lleva a consideraciones económicas y a menudo políticas, que pueden condicionar en gran manera la oferta. Obviamente, existen limitaciones legales que pueden influir en la relación autoridad hídrica versus usuario.

Como consecuencia de lo expuesto, se dan en la realidad diversas circunstancias que afectan la disponibilidad real de recursos de agua. Hay que considerar que la disponibilidad real puede no coincidir con la teórica y con la legal.

La práctica ha demostrado que en este contexto puede suceder que:

- La oferta es superior a la demanda. En este caso no suele haber problemas, aunque se debe plantear la viabilidad económica del sistema.
- La demanda es superior a la oferta. En este caso el regulador puede actuar o no.
- Si el regulador actúa, debe hacerlo limitando la demanda o bien ordenándola.

Si el regulador no actúa, el usuario tiende a intentar solucionar su problema por sí mismo, ya sea captando ilegalmente recursos o desistiendo del intento.

En la reutilización se ha vivido la última circunstancia, y en bastantes ocasiones la administración ha debido actuar a remolque de la demanda, ya que algunos usuarios se han autoadjudicado recursos, entre los que se han encontrado las aguas residuales, tratadas o sin tratar.

En este punto entra en juego un nuevo actor, la autoridad sanitaria, que debe velar para que el uso de un recurso procedente de las aguas residuales no cree problemas de salud a la población.



En este contexto, entran en juego los diversos reguladores del sistema, que deberían ofrecer:

- Una planificación adecuada e integrada de los recursos de agua, de manera que se pueda satisfacer una demanda razonable con agua de calidad adecuada a cada uso.
- Una seguridad sanitaria y ambiental del recurso agua.
- Una seguridad del recurso agua a largo plazo por lo que respecta a la cantidad.
- Un precio razonable del recurso, que pueda ser asumido económicamente por los diversos usuarios.
- Una garantía de conocimientos que aseguren al usuario final que el agua no le va a crear problemas tanto de índole sanitaria como en su producto final.

Puesto que no todos los usuarios finales tienen la misma capacidad técnica ni económica, el regulador debe asegurar teóricamente una cierta igualdad entre usuarios.

En este contexto ideal, y en el campo de la reutilización de aguas regeneradas, se debería disponer de:

- Un plan de reutilización de aguas regeneradas con una perspectiva temporal (de futuro) adecuada – prospectiva – a nivel de cuenca y nacional.
- Un marco legal capaz de ser entendido, aceptado y asumido por los diferentes usuarios.
- Un sistema de control adecuado para garantizar que los peligros asociados al sistema son conocidos.
- Un sistema que garantice que los riesgos de la reutilización son aceptables.

Considerando que el agua regenerada se plantea en la actualidad como un recurso de sustitución, que permite una planificación adecuada, con unos costes asumibles y con una integración de todos los tipos de agua disponibles, las limitaciones que se pueden esperar en el contexto actual en España son las siguientes:

- Una falta de confianza en la regulación. Ni el RD de reutilización ni su guía asociada son aceptados por la mayor parte de los usuarios potenciales.
- Una planificación deficiente. Los documentos que se han generado a este respecto pecan de falta de ideas de futuro y se han limitado a recoger las realizaciones y los proyectos existentes.
- Unas dificultades derivadas de la implantación de la reutilización desde el usuario y no desde el planificador.
- Falta de comunicación y aceptación previa desde el punto de vista del usuario. No se ha contado con los actores del sistema ni en la planificación ni en la implantación de los sistemas.
- Costes en algunas ocasiones no soportables por determinados usuarios

El resultado real en España en cuanto al agua regenerada y la reutilización es que se dispone en algunos casos de exceso de capacidad de regeneración construida y en otros de falta de capacidad de oferta, con un sistema que está expulsando del mismo a los usuarios ineficientes desde el punto de vista económico (pequeños usuarios) y que genera una cierta perplejidad cuando se consideran las exigencias legales, que en muchas ocasiones parecen o son injustificadas.

En este contexto, la existencia de un Manual de Buenas Prácticas (MBP) cobra una especial relevancia, puesto que puede ayudar al usuario final a reducir sus problemas si se plantea una reutilización de aguas regeneradas.

## 1.2 Planificación y construcción

Una vez se ha decidido llevar a cabo un proyecto de reutilización de aguas regeneradas, se precisa una planificación que incluya el sistema de tratamiento y regeneración del agua residual, su diseño y construcción, además de la gestión y mantenimiento una vez construido. El objetivo final debe ser la obtención de agua regenerada de calidad adecuada para su uso.

El RD 1620/2007 y la Guía diferencian claramente varios actores en reutilización, así como un marco muy claro:

- La reutilización es la parte de un sistema de gestión del agua residual que va desde la salida de la EDAR hasta el punto de entrega al usuario final.
- Se establece la presencia de:
  - a. Un gestor del sistema de depuración
  - b. Un gestor del sistema de regeneración
  - c. Un usuario del agua regenerada (que queda prácticamente fuera del RD)
  - d. Las autoridades con competencia en el sistema (ambientales y sanitarias)
  - e. Unos controladores de los sistemas.
- Hay unos requerimientos de control de calidad establecidos muy claramente, pero con errores evidentes desde el punto de vista técnico y administrativo, con los que hay que contar.

En cuanto a los usuarios, queda claro que son diversos y que se apuntan como máximos beneficiarios los agricultores, los gestores de campos de golf, menos claramente los industriales y los sistemas municipales. Aparecen también, aunque con un marco incierto, las mismas autoridades ambientales que deben gestionar la recarga de acuíferos y los caudales de aguas epicontinentales.

En la planificación deberían considerarse, como consecuencia del RD, los puntos siguientes:

- Unos sistemas de depuración capaces de obtener en continuo agua que cumpla los requisitos de vertido.
- Unos sistemas de regeneración (ERA según el RD) que en el punto de entrega sean capaces de generar agua con la calidad o calidades legales (con independencia del RD, se debería de actuar con criterios económicamente viables).
- La posibilidad de controlar (o autocontrolar) el sistema según lo indicado en el RD.

Es evidente que en la fase de planificación deben definirse claramente el uso o usos previstos para el agua regenerada. Puesto que los usos definen la calidad, los sistemas de regeneración se planificarán en función de la calidad que se deba obtener. En la Guía se definen diversas líneas de tratamiento capaces de obtener las diversas calidades: hay que remarcar que sólo se hace mención de tecnologías de tratamiento duras, sin mención alguna a las tecnologías blandas. Esto puede plantear dificultades añadidas a la economía de las pequeñas instalaciones.

Una vez concluida la planificación y en el caso de que se decida que se implanta el proyecto, la construcción debe realizarse siguiendo las especificaciones adecuadas. Según lo que indica la Guía, debe construirse la conducción entre la salida de la EDAR y la entrada de la ERA, la ERA en su totalidad, y la conducción hasta el punto de entrega al usuario. Ocasionalmente, puede haber sistemas de almacenaje o de distribución antes del punto de entrega. También según el RD y la Guía, la responsabilidad en toda la parte definida del sistema será del gestor de regeneración, una vez el sistema esté construido y operando.

La responsabilidad de la construcción recaerá sobre la administración (si es el constructor y/o el supervisor de la instalación, según el RD) y evidentemente sobre el adjudicatario si se trata de un concurso.



### 1.2.1 Operación y mantenimiento

La responsabilidad de la operación y mantenimiento puede corresponder en una primera etapa al constructor y posteriormente al explotador de la ERA, que puede o no ser el mismo de la EDAR.

La operación y mantenimiento de los sistemas de regeneración puede presentar problemas especiales en el caso de aquellas instalaciones que funcionan bajo demanda; es decir, que tienen un funcionamiento poco constante en el tiempo. Pueden tener un funcionamiento estacional constante o bien funcionar exclusivamente cuando el usuario final requiere agua.

Si el sistema no funciona en continuo, hay que prever que el efluente (regenerado o no) debe tener un destino alternativo (el vertido autorizado o un sistema de almacenaje). En el mismo sentido hay que prever que el agua regenerada que no cumpla las normas de calidad debe tener también un destino alternativo.

Hay dos puntos de control marcados por el RD y la Guía, que son el punto de entrega del agua depurada y el de entrega del agua regenerada.

En todo caso, y como sucede en la práctica totalidad de sistemas que implican equipos de tratamiento, se aconseja que el mantenimiento sea preventivo y predictivo.

### 1.3 Reutilización

Al examinar en detalle RD y Guía, y como también se ha indicado, las limitaciones legales (estándares) parecen terminar en el punto de entrega del agua regenerada al usuario final. Aparte de las dudas que genera el paso de regenerador a usuario final (e.g. ¿Puede haber intermediarios?) se plantea con qué base el reutilizador puede llevar a cabo el uso del agua. La única limitación legal definida es que el usuario final debe “evitar el deterioro de su calidad desde el punto de entrega hasta los lugares de uso.

Dada la ausencia de base legal en la reutilización parece incluso más necesario establecer determinadas medidas que permitan asegurar que la reutilización se realiza de forma correcta en la parte que corresponde al usuario final.

La base para evitar al máximo los problemas en el tramo final del proceso de reutilización es optimizar el uso del agua regenerada y mantener en un mínimo aceptable los peligros y riesgos asociados a la práctica; es decir reutilizar de forma segura. Para ello, como ya se ha indicado, se desarrollan los códigos o prácticas de buena reutilización, o más exactamente las Buenas Prácticas de Reutilización o BPR.

Si el sistema de regeneración está bien diseñado de acuerdo con la calidad de agua exigida y la entrada de agua del sistema de depuración cumple con la calidad prevista, las aguas regeneradas no suelen crear problemas y la reutilización se lleva a cabo sin riesgos, a no ser que se trabaje con sistemas que impliquen tiempos largos de estancia, conducciones a gran distancia o sistemas de almacenaje con una gestión deficiente o sin gestión.

### 1.4 Economía

Hasta el momento actual se ha tendido (y las autoridades del agua lo siguen haciendo) a plantear los diversos pasos del ciclo antrópico del agua como piezas separadas de un todo, con poca influencia unas en las otras.

En el momento en que se plantee de forma conjunta la gestión del agua por parte de los generadores de agua residual (básicamente las ciudades) y los receptores de agua regenerada



(principalmente agricultores y posiblemente industria), los cálculos económicos deben hacerse conjuntamente.

Existen no obstante diversas limitaciones en este punto:

- La primera es la exigencia de la UE de que todos los costes deben repercutirse en el usuario del agua.
- La segunda es la consideración del agua regenerada como un recurso de sustitución. En este punto, se plantea qué parte del coste se debe atribuir al primer usuario y cuál al segundo.

Según la legislación vigente,

- El usuario doméstico debería asumir el coste desde la captación hasta el vertido y sus consecuencias
- El usuario industrial debería asumir los mismos costes que el usuario de otro tipo, aunque en el caso de la industria se penaliza con un canon la contaminación añadida (salinidad, calor, etc.)

No obstante, el planteamiento puede diferir en el momento en que se considera que una parte del circuito del primer usuario (el vertido y su control) es sustituida por la reutilización.

Una segunda consideración de índole más amplia (a nivel de cuenca) es que al sustituir recursos de “primera mano” por agua regenerada disminuye tanto el coste de captar más recursos como de su transporte hasta el punto de uso (ahorro del gestor en alta) y desde luego los impactos ambientales negativos.

Si adicionalmente, el agua regenerada sigue conteniendo componentes útiles para un segundo usuario (el reutilizador), como son los nutrientes, se puede considerar un ahorro de fertilizantes y otro de no eliminación en la depuradora.

A esto se puede añadir el coste ambiental de reducir el impacto en el medio del vertido de agua depurada sólo hasta el nivel de tratamiento secundario.

En cierta manera, pues, el reutilizador genera un beneficio para el conjunto de la cuenca. Este menor coste puede repercutirse en el primer usuario o bien aplicarse en la reducción de los precios al segundo usuario. En realidad, se repercute usualmente sobre ambos, llegándose a lo que se denomina en inglés una situación “win-win”, en la que todos salen ganando.

Considerando lo indicado, no tiene demasiado sentido cobrar precios casi abusivos a determinados reutilizadores, puesto que contribuyen a la gestión correcta del agua regenerada.

## 1.5 Comentarios adicionales

La concepción del RD, que tal como se ha indicado sólo regula la regeneración, crea diversas dificultades añadidas a las usuales en las instalaciones de reutilización, ya que sitúa en una especie de limbo legal al usuario.

Hay también otro contrasentido, que es el vertido versus reutilización en recarga de corrientes de agua. En efecto, un agua con calidad adecuada para vertido no crea problemas si se vierte a un cuerpo de agua, mientras que la misma práctica considerada como vertido para recarga puede estar fuera de los requerimientos legales de reutilización.

RD y Guía crean problemas graves de interpretación, por ejemplo en el caso del cálculo del RAS (o SAR) en el que la fórmula tiene un error de unidades.

RD y Guía son muy estrictos en algunos puntos determinados mientras que en otros establecen límites muy laxos.



No se acaba de entender que aparezcan determinados parámetros que por sí solos hacen difícil la interpretación de la adecuación del agua al uso prevista (por ejemplo los relacionados con la salinidad en el uso agrícola).

Existencia de requisitos exagerados e innecesarios.

## 1.6 Puntos importantes

El RD regula casi únicamente el paso desde la estación depuradora de aguas residuales (efluente secundario en general) hasta el punto de entrega del agua regenerada al usuario (agua regenerada). Es decir lo que lleva a cabo la ERA (Estación Regeneradora de Agua).

El usuario final queda desprotegido legalmente, y sólo se le requiere que mantenga la calidad del agua.

## 1.7 Definiciones

En la Tabla 1 se incluyen las definiciones relevantes para el Manual de Buenas Prácticas, que no coinciden con las del RD y la Guía.

Tabla 1. Definiciones

Término	Definición
Aguas depuradas	Aguas depuradas: aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable y su posterior tratamiento de regeneración
Aguas de proceso	Aguas que sirven en cualquier nivel del proceso de fabricación de un producto
Aguas recicladas	Aguas utilizadas más de una vez en el mismo lugar antes de ser retornadas al ciclo hídrico
Aguas regeneradas	Aguas regeneradas: aguas residuales depuradas que, en su caso, han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso o usos de reutilización al que se destinan.
Aguas residuales	Aguas que han sido utilizadas habiendo incorporado a las mismas una determinada carga contaminante
Aguas reutilizadas	Aguas regeneradas que han sido empleadas (reutilizadas) de nuevo.
Autocontrol	Programa de control analítico sobre el correcto funcionamiento del sistema de regeneración y reutilización realizado por el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas.
Depuración de aguas	Tratamiento al que se someten las aguas residuales para adecuar su calidad a la normativa de vertidos o a una posible regeneración
Estación depuradora de aguas residuales	Conjunto de instalaciones donde las aguas residuales se someten a procesos de tratamiento que permiten adecuar su calidad a la normativa de vertidos o a una posible regeneración
Estación regeneradora de aguas depuradas	Conjunto de instalaciones donde las aguas residuales depuradas se someten a procesos de tratamiento adicional que puedan ser necesarios para adecuar su calidad al uso o usos de reutilización previsto o previstos
Punto de entrega de las aguas depuradas	Lugar donde el titular de la autorización de vertido de aguas residuales entrega las aguas depuradas en las condiciones de calidad exigidas para su regeneración.
Punto de entrega de las aguas regeneradas	Lugar donde el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas entrega a un usuario las aguas regeneradas, en las condiciones de calidad según su uso o usos
Regeneración de aguas (GR)	Tratamiento adicional al que se someten las aguas depuradas para adecuar su calidad a la normativa de reutilización de aguas.

Reutilización planificada de aguas regeneradas	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 del uso o usos a que se van a destinar.
Sistema de reutilización	Conjunto de instalaciones desde la ERA hasta el uso o usos finales de las aguas regeneradas
Tercer usuario	Persona física o jurídica que presenta la solicitud de concesión para reutilización y que no ostenta la condición de concesionario para la primera utilización, ni la de titular de la autorización de vertido de aguas depuradas.
Titular de la autorización de vertido	Persona física o jurídica o entidad pública o privada que es el titular de la autorización de vertido de aguas depuradas.
Usuario del agua regenerada	Persona física o jurídica o entidad pública o privada que utiliza el agua regenerada para el uso o usos previstos.

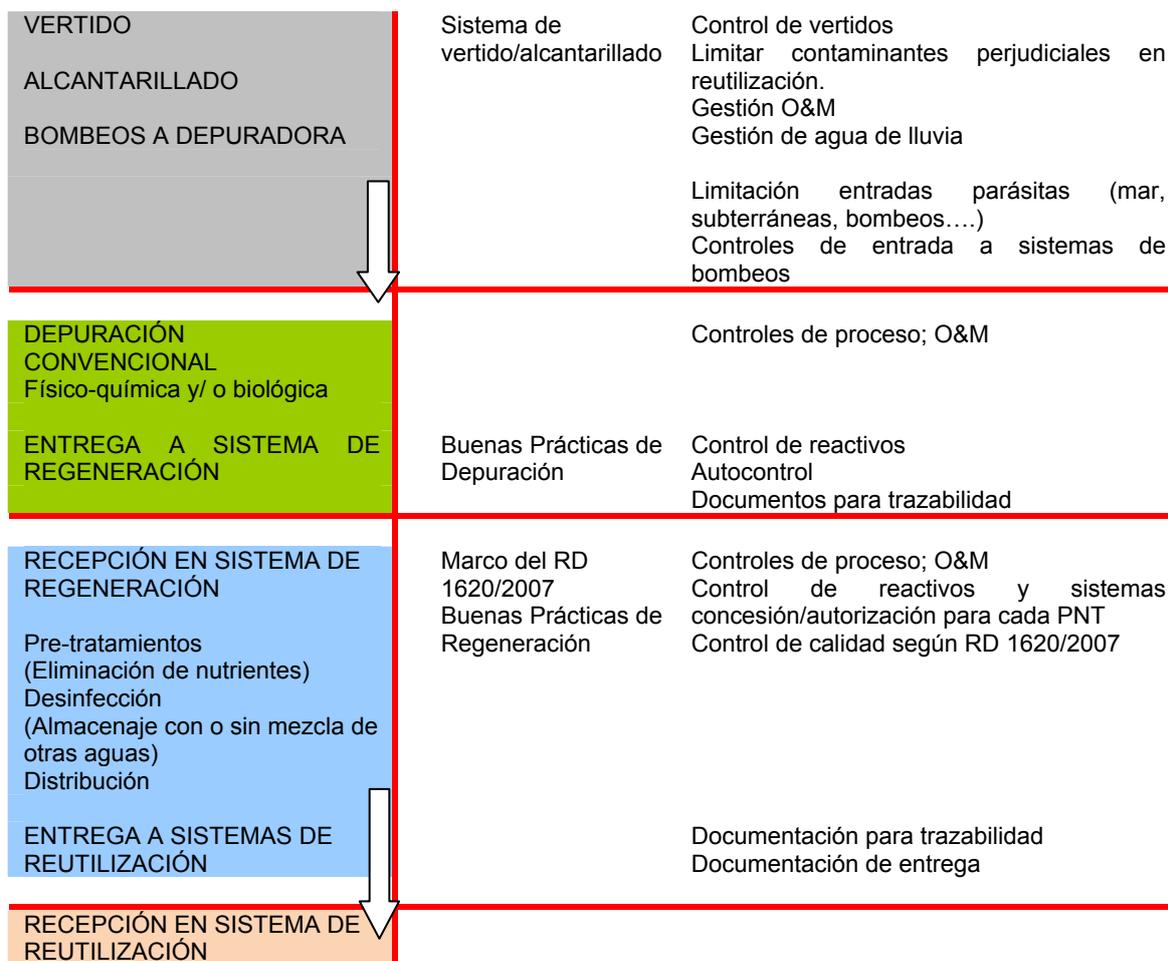
## 2 Bases Teóricas

Es preciso, una vez definido el campo de la reutilización, proceder al desarrollo del esquema que permita separar los diversos tipos de Buenas Prácticas, que se engloban en este manual.

Para ello se deben consultar las Figuras 1, 2 y 3.

- En la Figura 1 se describen los pasos previos al sistema de regeneración de las aguas depuradas y el propio sistema de regeneración.

Figura 1. Descripción del sistema previo a la reutilización



Puesto que la materia prima (agua residual sin tratar) tendrá una influencia clara en el producto final (agua regenerada), las buenas prácticas se inician en el control de vertidos, siguen en la gestión del alcantarillado y continúan en la EDAR. Aparecen en la EDAR las prácticas de autocontrol, así como determinados pasos típicos de los sistemas de gestión de peligros/riesgos (control de reactivos, documentación de todas las actividades, etc.).

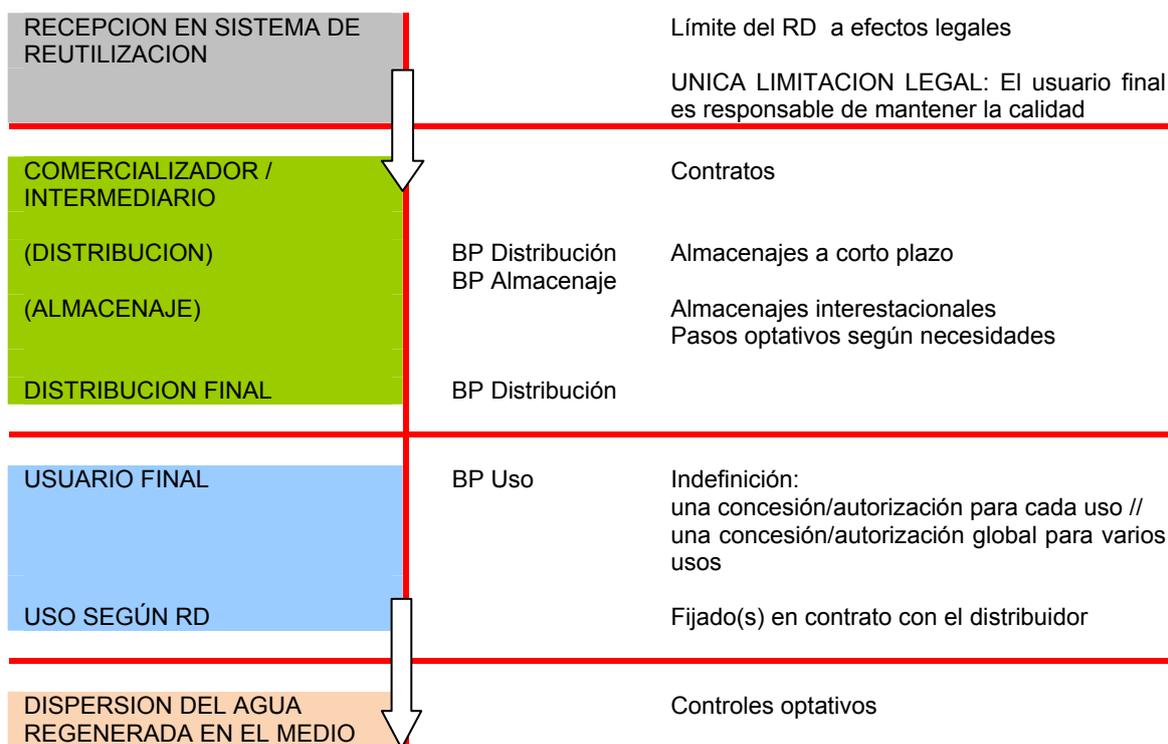
En todo el sistema es preciso gestionar adecuadamente la entrada de aguas de lluvia o parásitas, como agua de mar y subterránea; o bien los bombesos desde infraestructuras. El sistema de regeneración, el único que se incluye en el marco del RD 1620/2007, merece una especial atención y debe decidirse si se gestiona como un proceso de APPCC (Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos) o mediante métodos más clásicos. El autocontrol en este sistema es básico y en cierta manera obligatorio según el RD.



Puesto que a partir de este momento cambia o puede cambiar el gestor, y además se abandona el marco del RD, debe existir una documentación de entrega.

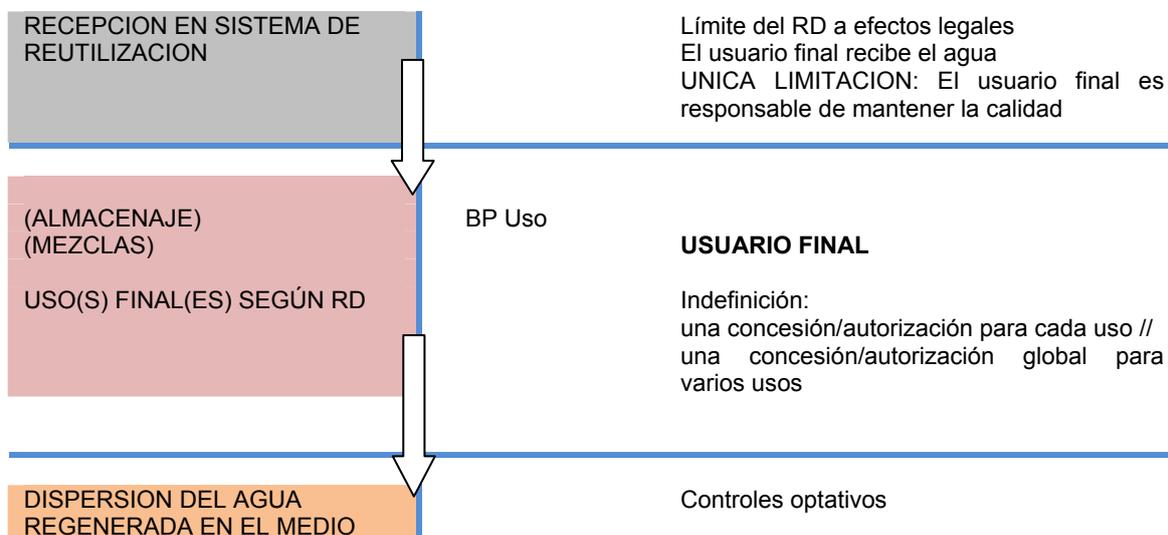
- En la Figura 2, se indican los pasos correspondientes al sistema de reutilización; es decir desde que se recibe el agua de la EDAR hasta que el agua regenerada alcanza el medio cuando EXISTE intermediario de gestión del agua regenerada.

Figura 2. Descripción del sistema de reutilización con intermediario



- En la Figura 3, se indican los pasos correspondientes al sistema de reutilización; es decir desde que se recibe el agua de la EDAR hasta que el agua regenerada alcanza el medio cuando NO EXISTE intermediario de gestión del agua regenerada.

Figura 3. Descripción del sistema de reutilización sin intermediario



Para ambos casos, el usuario final es el responsable de mantener la calidad del agua hasta el punto de uso.

Aparecen algunos pasos legales, como las concesiones y autorizaciones.

- En general

Hay que recordar que el RD marca como básico el Punto de Entrega del agua regenerada al usuario final, lo que es común tanto si hay intermediario como si no. La duda radica en si el paso del gestor de ERA al intermediario debe o no considerarse punto de entrega.

En los tres casos mencionados pueden existir pasos intermedios no imprescindibles; es decir, pueden o no estar presentes. Es el caso, por ejemplo, de los sistemas de almacenaje y distribución en baja presión o de la desinfección específica.

En todo el sistema:

- + Operación y mantenimiento preventivo y predictivo son básicos
- + La trazabilidad debe tenerse en cuenta e implantarse adecuadamente
- + Deben existir PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo).

A partir de este punto se analiza la teoría y en capítulos siguientes los distintos pasos o etapas de la línea de aguas hasta el uso final y la dispersión en el medio del agua regenerada.

## 2.1 Definición de las Buenas Prácticas

Las BP son una herramienta de gestión del peligro/riesgo asociado a la reutilización, y en consecuencia de reducción del riesgo. Puesto que la gestión de peligros y riesgos en reutilización tiene como objetivos:

- a) Minimizar el riesgo por el contacto con el agua residual del hombre y animales (su ingestión o inhalación).
- b) Reducir los eventuales efectos adversos derivados de la liberación al medio del agua regenerada.

Las BP estarán encaminadas a:

- a) Definir criterios correctos de diseño y procedimiento.
- b) Elaborar herramientas de autocontrol.
- c) Promover formas adecuadas de trabajo.

Todo ello redundará en la seguridad de la reutilización.

Las BP están diseñadas para conseguir un número mínimo de errores en los procesos, y en caso de que se produzcan que puedan detectarse en tiempo y lugar adecuados. El producto final debe ser mucho más seguro desde el punto de vista del mejor usuario/destino final y muy probablemente más barato, debido a que en el precio final debe incluirse únicamente el gasto correspondiente a la resolución de un menor número de problemas.

Como consecuencia de lo indicado, las BPR deberán definir herramientas capaces de reducir el contacto con las personas o la ingestión de los contaminantes del agua regenerada y hacer mínimos los eventuales efectos adversos para el medio. En realidad, no se pueden eliminar totalmente los contactos o impactos negativos (nunca hay riesgo cero), por lo que se trata de hacerlos mínimos y/o conseguir que la calidad del agua regenerada sea tal que no plantee en la práctica problemas de ningún tipo al usuario o destino final de la misma.



El paso inicial para definir unas BP consiste en determinar claramente:

- a) Personas/entidades/administraciones implicadas directa o indirectamente en la reutilización; interesados o actores. Para cada uno de ellos deberían diseñarse unas BP o unas normas de actuación.
- b) Los puntos específicos de atención en la reutilización, en los que deberían aplicarse las BP. No necesariamente se encuentran en el proceso de reutilización, sino que algunos de ellos son inherentes a los primeros pasos del ciclo antrópico del agua.

En España, la primera aproximación a unas BP apareció en una publicación del Departamento de Sanidad de Catalunya (1994), en forma de recomendaciones para los usuarios. Posteriormente, han aparecido varias publicaciones que hacen referencia a las BP en reutilización, como las normas de Queensland, Australia (2004).

Existe una relación estrecha entre las BP y los sistemas que tratan de la seguridad del agua, así como con los análisis de peligros y riesgos. Las últimas publicaciones de la OMS con respecto a la reutilización (2006 a, b, c, d) se basan en estos análisis y tienen en cuenta las BP para sistematizar los cálculos de riesgo.

## 2.2 Actores reutilización

Los actores o interesados en reutilización son numerosos, especialmente si se tienen en cuenta las medidas actuales de comunicación, basadas en las políticas transversales de la UE.

Inicialmente, se consideraban únicamente como interesados los usuarios y los productores, y como mucho se hacía referencia a los grupos de riesgo que pudieran verse afectados al ser residentes próximos o transeúntes circunstanciales en un sistema de reutilización. En la actualidad, el concepto se ha ampliado en gran manera, como puede verse en la Tabla 2.

Tabla 2. Actores reutilización

<b>Administración</b>	Sanidad/Salud pública; Agrícola, industrial; Ambiental/hídrica <sup>©3</sup> ; Local; Regional ;Nacional; Europea (UE): Comisión; ONU, FAO, UNESCO, OMS y otros: OTAN, Mercado Común
<b>Tecnológicos/Técnicos</b>	Gestores de depuradoras; Gestores de sistemas de regeneración; Distribuidores de agua regenerada; Aplicadores ; Dueños de la concesión/autorización; Fabricantes de equipos; Investigadores/Científicos; Ingenieros/Consultores; Planificadores
<b>Usuarios/ trabajadores</b>	Agricultores <sup>©2</sup> Asociaciones de usuarios (agricultores, usuarios de acuíferos, etc.); Jardineros; Ganaderos; Industriales; Centros de investigación; Entidades Municipales y Supra-Municipales; Comunidades Autónomas Concesionarios de caudales en cuenca <sup>©4</sup> Campos de golf, hípicas...
<b>Público</b>	Consumidores; Residentes; Paseantes ocasionales ONG, Asociaciones ecologistas y locales Clientes (e.g. en campos de golf) Público no implicado directamente Medios de comunicación

© Interesados/actores clave

©<sup>1</sup> Capacidad de veto

©<sup>2</sup> Decisión final de uso

©<sup>3</sup> Decisión de conceder/autorizar caudales en reutilización

©<sup>4</sup> Integración de las aguas regeneradas y residuales como recursos en la cuenca



En Europa, cualquier miembro de la sociedad tiene el derecho a opinar y obtener información respecto a las actuaciones sanitarias o ambientales, lo que debe llevar a extremar el cuidado en las relaciones con los medios y el público en general.

## 2.3 Puntos relevantes en la reutilización

En el proceso completo de reutilización pueden considerarse diversos puntos de atención especial (PAE), en los que por lo menos debe analizarse la presencia de factores que podrían modificar la calidad o influir en ella. La importancia relativa de los PAE en la calidad y el riesgo se determina posteriormente eligiéndose los más importantes desde el punto de vista del control y de los peligros, denominándose entonces Puntos de Control Críticos (PCC).

En España se han estudiado habitualmente los sistemas de reutilización desde un punto de vista de investigación, más que de operación en tiempo real. La relativa escasez de realizaciones prácticas y la influencia académica en el mundo relativamente desconocido de la regeneración y reutilización han propiciado que se exijan por decreto numerosas analíticas, algunas de ellas irrelevantes, y que se controlen quizá demasiados puntos, con unas repercusiones económicas y de carga de trabajo que hacen la operación onerosa desde un punto de vista de explotación.

Esta tendencia ha hecho que los operadores consideren los sistemas de regeneración y reutilización como una fuente de riesgos empresariales más que de negocio. Por otra parte, la actitud de las diversas administraciones, que se han implicado poco en el día a día de la reutilización, al no existir normas factibles ha contribuido a la sensación de exceso de exigencias y a la falta de interés en general.

Por todo ello, se hace patente una necesidad de simplificar los procedimientos en general, no únicamente los analíticos, y establecer criterios claros, lógicos y factibles.

Una solución posible al problema puede ser la aplicación de los sistemas APPCC, que requieren una cierta carga inicial de trabajo, pero posteriormente permiten – o deberían permitir - una operación más simple del conjunto, especialmente con menos analíticas y trabajos irrelevantes.

A partir de estas constataciones, la discusión puede centrarse en el tema de competencias, responsabilidades y controles de calidad en puntos determinados del sistema de reutilización. Desde el punto de vista concesional (Ver Figuras 1, 2 y 3),

- a) El responsable de la depuración secundaria recibe agua residual del municipio, suponiendo que se han cumplido las normativas de vertido y tiene un agua tratable; entrega un agua tratada cumpliendo los límites legales de depuración secundaria; incluyendo si es preciso la eliminación de nutrientes.
- b) El responsable de la regeneración recibe agua que cumple las condiciones establecidas y entrega agua regenerada que también cumple las condiciones prescritas.
- c) El responsable de la reutilización recibe un agua que respectivamente
  - a. Es adecuada para el uso asignado en la concesión o autorización, o
  - b. Tiene una calidad adecuada para distintos usos (normalmente la de mejor calidad posible) y el responsable actúa como distribuidor al usuario o usuarios finales.

Este responsable puede limitarse a ejercer el papel de intermediario, que recibe el agua regenerada, y con unos mecanismos especificados y concretos la traslada al usuario final.

No siempre existe una diferencia clara entre los cuatro tipos de actores. A este respecto, en España hay actualmente varias tendencias,

- El depurador y el regenerador son el mismo, en la misma instalación, y se facilita agua a un tercero, que tiene una concesión o autorización.
- El regenerador puede tener la concesión.



- Si hay un usuario único, este tiene la posibilidad de recibir el agua secundaria y gestiona su propia instalación de regeneración.
- Hay diversas concesiones sobre un mismo efluente, y el regenerador las distribuye a los usuarios finales.
- El titular de la planta de depuración solicita la concesión/autorización, regenera el agua y actúa en cierta manera como mayorista del agua regenerada, garantizando su calidad (puede corresponder al punto 2).
- Una asociación de usuarios solicita la concesión de efluente secundario, regenera el agua y la distribuye a los “socios”.

Esto crea problemas de casuística respecto a la operación, control e implantación de sistemas APPCC; y muy especialmente en la consideración del punto donde deben cumplirse los estándares especificados por el RD:

- Desde el punto de vista tecnológico, de explotación y legal, el punto de cumplimiento es el punto de salida del sistema de regeneración.
- Desde el punto de vista sanitario, el punto de cumplimiento de la calidad debería ser el punto de uso.

Desde la salud, peligro y riesgo, la cuestión básica en este momento es como se puede garantizar la calidad en el punto de uso y quién es el responsable de esta calidad en este punto, lo que no concuerda demasiado con el RD.

Aparte de la consideración anterior, hay un mínimo de puntos de control básicos de cualquier sistema que deberían ser: el de entrega de agua residual con tratamiento secundario; el de entrega de agua regenerada y el punto de uso.

Para poder hacer un estudio más exhaustivo, se deben separar los puntos:

- A. Previos hasta concesionario/autorizado.
- B. De concesionario/autorizado en adelante.

Esto es así puesto que la tendencia actual es a ceder la gestión desde que el agua sale del ámbito del concesionario/autorizado, aunque hay algunas opiniones discrepantes en este sentido.

### 3. BP en la Línea de Saneamiento, Regeneración y Reutilización

Las BP deberían incluir todos los aspectos del ciclo del agua residual, desde el vertido hasta el seguimiento posterior del agua regenerada en el medio. Puesto que es muy difícil poner de acuerdo a todos los actores en la línea de aguas, suelen limitarse las indicaciones a la regeneración y reutilización. A pesar de ello, se incluyen aquí algunas sugerencias generales para todo el ciclo del agua residual.

Las BP se pueden encontrar y emplear en:

- Los procedimientos previos y la construcción del sistema
- La gestión del alcantarillado (saneamiento)
- La gestión de los vertidos
- El transporte
- La depuración del agua
- Los tratamientos avanzados (gestión de nutrientes)
- Los tratamientos de regeneración
- La distribución y almacenaje
- El uso
- El seguimiento del agua aplicada
- El análisis y control

Cada uno de estos pasos tiene sus BP. Independientemente de las buenas prácticas específicas de cada fase del saneamiento, regeneración y reutilización, existen unas indicaciones básicas que deben cumplirse a lo largo de todas las fases y posteriormente a la aplicación del agua residual. Se indican en la Tabla 3.

Estas indicaciones se refieren a unas normas básicas de trabajo y de documentación de todas las actividades realizadas en el sistema. En este sentido, las descripciones de los procedimientos APPCC son muy explícitas y deberían consultarse en todos los casos.

Tabla 3. BP básicas o generales, comunes a todas las fases

Tipo	Definición	Práctica	Observaciones
Procedimientos de trabajo	Operaciones normales	Todas las operaciones normales deben estar definidas y escritas y tener un procedimiento	Consultar procedimientos APPCC A desarrollar para cada etapa
	Funcionamiento “no normal” o en caso de accidente	Debe existir un protocolo de actuación que permita a los operarios u otros actores saber qué deben hacer en caso de circunstancias anormales o accidentes	Consultar procedimientos APPCC y validar las actuaciones. El protocolo debe ser de fácil localización e identificación
Documentación	Todas las operaciones y actividades relacionadas Circunstancias externas  Circunstancias legales	Debe establecerse un registro de cualquier operación, habitual o no habitual Cualquier circunstancia externa que afecte o pueda afectar el funcionamiento normal de la instalación debe documentarse Deben seguirse todos los cambios normativos que afectan al proyecto	Consultar procedimientos APPCC



Control de operaciones y acciones	Autocontrol	Establecer protocolo de autocontrol que debe ser aprobado por las autoridades competentes	Es necesario formar a los Trabajadores y usuarios en los procesos e implicaciones de autocontrol
	Control externo (inspección)	Control por parte de las autoridades pertinentes	Debería implantarse el proceso de inspección único para las diversas administraciones
	Sistema de certificación	ISO, EMAS y otros similares	No debe limitarse únicamente a obtener un certificado y renovarlo periódicamente
Informes	Documentos periódicos que describen funcionamiento y problemas	Facilitarlos a autoridades, participantes y público en general.	Requiere un presupuesto adecuado y una política de comunicación
Protocolo de participación pública	Mecanismos de participación de implicados y actores /interesados en general.	Procedimientos definidos según grado de participación decidido o deseado	Debe iniciarse en las primeras fases del proyecto

### 3.1. BP Particulares

Estas indicaciones se refieren a unas normas básicas de trabajo y de documentación de todas las actividades realizadas en el sistema. En este sentido, las descripciones de los procedimientos APPCC son muy explícitas.

Aparte de los aspectos generales de las Buenas Prácticas, cada fase de los procesos que conducen a una reutilización correcta requiere unas prácticas adecuadas, que se especifican a continuación. Los puntos importantes se indican en la Tabla 4.

#### 3.1.1 Procedimientos previos y construcción del sistema

Para asegurar el éxito de la reutilización, se requiere que haya una planificación previa que haya definido la viabilidad del proceso y que además haya establecido, mediante sistemas de soporte a la decisión o por otros procedimientos adecuados, la tecnología a emplear y los restantes procedimientos previos a la aceptación e implantación del proceso.

Por otra parte, es necesario que se sigan también unas BP en el diseño y la construcción, que deben documentarse como sucede con cualquier otra actuación. Podemos considerar las BP en las diversas fases previas a la reutilización como se indica en la Tabla 5. Hay numerosos manuales de construcción y procedimientos a seguir para verificar equipos. La Guía incluye algunos de estos elementos, que no deberían estar en ella, pero por lo menos se facilita su consulta.

En esta fase se suele incluir el período de garantía, durante el cual el constructor asume la explotación y mantenimiento para poder subsanar los errores constructivos, defectos de maquinaria, etc. En caso de funcionamiento “no normal” (averías, mantenimiento) el sistema debe tener instrucciones definidas y exactas, además de un procedimiento adecuado.



Tabla 4. BP previas a la reutilización

Tipo	Etapas	Definición	Observaciones
Planificación	Inicial y avanzada	Incluir criterios de BP en la planificación	Permite que la implantación de las BP en el sistema sea más fácil
	Proyecto de base y constructivo	Tener en cuenta que el sistema va a funcionar con BP	
	Evaluación de Impacto Ambiental	Deben incluirse las BP en el proceso de evaluación	
	Documentación	Todos los pasos deben documentarse	Básico en cualquier sistema que se desarrolle con BP
Construcción	Seguimiento	Asistencia Técnica	Seguimiento del proyecto constructivo
	Modificaciones durante la construcción	Propuestas por el constructor	Muy importante para gestión y mantenimiento
	Documentación	Todos los pasos y etapas deben documentarse	Debe incluir todos los datos y variaciones
Puesta en marcha	Fase inicial	Puesta a punto de equipos y procesos	Se detectan los vicios de construcción y equipos, y se comprueba el funcionamiento adecuado del conjunto
	Período de garantía	El constructor asegura que equipos y procesos funcionen adecuadamente	
	Documentación	Todos los pasos y etapas deben documentarse	Incluir todos los datos y variaciones implantadas
Modificaciones	En periodo de garantía y posteriores	Se ajustan los procesos mediante modificaciones en equipos y sistemas	En función de resultados (proceso de validación)
	Documentación	Todas las modificaciones deben documentarse	Debe incluir todos los datos y variaciones implantadas en el proceso

### 3.1.2 BP en saneamiento

El saneamiento ha sido la herramienta básica de la higiene pública durante muchos siglos, al permitir una gestión centralizada de las aguas residuales en el caso de grandes municipios, además de una gestión correcta y conocida en los pequeños sistemas. Todo ello ha estado dirigido empíricamente a mejorar la salud pública.

Hay que señalar que actualmente determinadas iniciativas están encaminadas a reducir la cantidad de agua de calidad a menudo excelente (potable) que se emplea para arrastrar las excretas, o a mejorar la gestión del saneamiento básico.

Una de las posibilidades contempladas es separar los flujos de material sólido (heces) de los líquidos (orina), lo que permitiría gestionar mejor el nitrógeno del agua residual. En todo caso, esto se ha implantado únicamente en pequeños lugares y no se conoce su aplicabilidad en grandes poblaciones. También se ha ensayado la eliminación sin agua de las excretas. En ambos casos, debería estudiarse en detalle la influencia de estas prácticas en la epidemiología de poblaciones, especialmente por lo que respecta a las enfermedades de origen hídrico.

Tabla 5. BP en el proceso de Saneamiento Depuración y Regeneración

BP	Incluye/responsable	BP en	Debe practicarse	Observaciones
A.I VERTIDO, SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y DE COLECTORES	Prácticas Generales /Municipio	Control de vertidos <sup>1</sup>  Gestión alcantarillado Gestión de colectores Gestión Global del Ciclo del agua	-Autocontrol <sup>2</sup> -Avisos de mal funcionamiento <sup>3</sup> -Libro de registro de actividades <sup>4</sup> -Inspección <sup>5</sup>	Necesario un plan de emergencia y sistemas de alarma
A.II DEPURACIÓN	Depuración hasta secundario incluido/ Agencia del Agua o Concesionario/gestor Equivalentes/ <sup>o</sup>	Depuración Puede incluirse aquí eliminación de nutrientes. Fiabilidad del sistema	-Autocontrol -Avisos de mal funcionamiento -Sistemas de alarma <sup>6</sup> -Medida de caudales <sup>7</sup> -Libro de registro de actividades -Plan de emergencias <sup>8</sup> -Inspección	Suministro de agua residual considerada como materia prima <sup>10</sup>
A.III REGENERACIÓN	Regeneración/ Agencia del Agua o Concesionario/gestor Equivalentes/ <sup>o</sup>	Tratamientos avanzados o terciarios: a) Procesos previos b) Desinfección  Fiabilidad del sistema	-Autocontrol -Años de mal funcionamiento -Sistemas de alarma -Libro de registro de actividades -Plan de emergencia -Medida de Caudales -Definición PCC según APPCC <sup>9</sup> -Inspección <sup>5</sup>	Suministro al concesionario o autorizado <sup>11</sup>

#### BP en Reutilización

BPR	Incluye/Responsables	BPR en	Debe practicarse	Observaciones
B.I DISTRIBUCIÓN	Concesionario/Autorizado	Distribución (si no es el usuario final → B.II)  Almacenaje -Corto plazo -Interestacional  Vertido Alternativo	-Autocontrol -Avisos de mal funcionamiento -Sistema de alarma -Libro de incidencias -L.R. de actividades -Plan de Emergencia -Medida de caudales -Registro de caudales distribuidos -Control de red de transferencia y distribución <sup>12</sup> -Gestión del almacenaje <sup>13</sup> -Inspección	Puede tratarse de un distribuidor o del usuario final Si es usuario final también es de aplicación B.II
B.II USO	Usuario final	Almacenaje -Corto plazo -Interestacional Uso final Vertido alternativo	-Autocontrol -Libro de registro de incidencias -L.R. de actividades -Medida de caudales -Plan de emergencia -Registro de caudales utilizados -Control de redes y sistemas de aplicación -Gestión del almacenaje (si existe) -Sistemas APPC -Alternativamente Pre- Requisitos de un plan APPCC <sup>14</sup>	Usuario final <sup>15</sup> Según usos autorizados (la autorización/ concesión se limita a un único uso) Puede ser necesario proceder al seguimiento del producto final. (ver B.III)

B.III SEGUIMIENTO	Usuario final/Autoridades -Ambientales -Sanitarias -Agrícolas -Industriales	Agua en producto final Producto final Vertido alternativo Masa de agua recuperada/	-Control externo -Libro de registro de materiales (autoridades responsables) -Plan de emergencia -Inspección	Sobre el producto final y materias seleccionadas
B. IV TRAZABILIDAD	Seguimiento de -Productos -Materiales -Personal	Seguimiento (trazado) Recuperación	-Aseguramiento de calidad -Comercialización -Control de producto final y del ambiente -Inspección	Depende de la capacidad de las autoridades

Para la descripción de Control de vertidos; Autocontrol; Avisos de mal funcionamiento; Libro de registro de actividades; Inspección; Sistemas de alarma; Medida de caudales; Plan de emergencia; Definición PCC según APPCC; Suministro de agua residual considerada como materia prima; Suministro al concesionario o autorizado: Consultar los apartados correspondientes.

Por otra parte, se ha hecho patente la necesidad de separar o pretratar los flujos que podríamos denominar peligrosos (e.g. hospitales, determinadas industrias) de los que no lo son.

En este aspecto, se debe actuar en cuatro sentidos:

- Separar en lo posible los flujos industriales de los domésticos o pretratar los primeros antes de verterlos al saneamiento.
- Separar en lo posible o tratar previamente los flujos que se puedan considerar peligrosos debidos a los productos tóxicos o a los patógenos.
- Reducir la contaminación en origen en todas las circunstancias.
- Aislar en lo posible los sistemas de conducción de las aguas residuales urbanas y/o pluviales de las aguas de otro origen.

Para cumplir estas premisas, se requiere que existan unas ordenanzas de vertido que regulen los aportes a las redes de saneamiento. En general, en España es competencia de los Ayuntamientos el control de vertidos, así como la gestión de las redes de alcantarillado.

Por otra parte, existen otras aportaciones a las redes de saneamiento que comprometen las futuras reutilizaciones. Se trata principalmente de las entradas de aguas no residuales a la red a causa de discontinuidades en el sistema de conducción, a problemas en los puntos de vertido, especialmente al mar, o a la necesidad de eliminar al alcantarillado determinados caudales, como el agua de inundación de redes subterráneas de ferrocarril o aparcamientos en el subsuelo. Tampoco debería permitirse el vertido al alcantarillado de aguas procedentes de la construcción de obras subterráneas, por ejemplo cimientos de edificios cerca del mar.

Por lo que respecta a las BP en saneamiento, los ítems importantes son:

- Control de vertidos.
- Gestión del alcantarillado.
- Ciclo integral del agua residual.

Es importante que las variaciones significativas de estos ítems sean descritas y documentadas, según marcan los sistemas APPCC.

### 3.1.3. BP en transporte

Las redes de alcantarillado y los sistemas de colectores deberían construirse de forma que no se pudieran producir entradas significativas de aguas naturales u otros materiales al sistema. No obstante, por falta de espacio o por economía se construyen alcantarillas o colectores en zonas de playa, en lechos de torrentes ríos o dentro de los acuíferos. En cuanto se producen movimientos de la arena y lechos de torrentes o bien por ascensos de nivel de los acuíferos,



los sistemas no estancos o que sufren roturas aceptan cantidades importantes de aguas externas al sistema. Los resultados pueden ser una dilución con aguas de mejor o peor calidad, o salobres, del agua residual sin depurar, con el consiguiente agotamiento prematuro de la capacidad del sistema de tratamiento.

Por otra parte, en zonas de costa, las redes suelen estar sobredimensionadas debido a los aumentos exponenciales de caudal en verano. En invierno debido al poco caudal, las aguas de mar pueden entrar más fácilmente al sistema debido a la falta de presión o a los temporales si el sistema no está aislado adecuadamente.

Los colectores deberían ser más fácilmente controlables al ser más simples y hay que recordar que su gestión puede no ser municipal.

### 3.1.4 BP en depuración

La depuración suministra la materia prima para el tratamiento posterior de regeneración. Es importante que el efluente de una depuradora tenga una calidad constante a lo largo del tiempo, es decir, que tenga una fiabilidad elevada.

Para ello, es preciso que se tengan en cuenta determinadas condiciones en los procesos de depuración secundaria, que diferirán según se trate de sistemas extensivos o intensivos.

En concreto, debería planificarse el mantenimiento de tal manera que evite reducir la calidad del efluente y efectuarlo de acuerdo con la gestión del sistema de regeneración; ya sea llevando a cabo el mantenimiento preventivo cuando no haya reutilización, previendo períodos de almacenaje o dando aviso a la planta de regeneración para que no se utilice el efluente durante el mantenimiento o las averías.

El agua residual depurada debe cumplir la normativa establecida por la trasposición de la legislación española de las directivas comunitarias o las normas o leyes complementarias establecidas por la Comunidad Autónoma respectiva que tenga transferidas las competencias correspondientes.

Puesto que el tratamiento secundario y el avanzado tal como los definimos no forman parte real de los procesos de reutilización ya que cuentan con sus normas específicas, no se definen aquí sus BP en detalle.

### 3.1.5 BP en tratamiento avanzado

La depuración debería permitir el vertido del agua tratada de acuerdo con la legislación vigente, usualmente marcada por la transposición de la directiva a la legislación española. No obstante, esta misma directiva fija la necesidad de que en determinados lugares se requiera una calidad mejor, básicamente por lo que respecta al contenido en nutrientes. Ya se ha indicado que la eliminación de nutrientes se considera habitualmente como parte del tratamiento secundario.

En otros casos, si se dan vertidos especiales (e.g. industrias) puede ser preciso eliminar contaminantes adicionales en la depuración. También sucede esto, como ya se ha indicado, en el caso de hospitales u otros centros que generen efluentes peligrosos.

## 4. Buenas Prácticas en Regeneración de Aguas Residuales Depuradas

La regeneración puede incluir los procesos propiamente de tratamiento y los de almacenaje y distribución, que pueden emplearse para completar el anterior aunque su propósito sea distinto. En la Tabla 4 pueden encontrarse los criterios asumidos.

### 4.1 BP en regeneración

La regeneración suele ser el paso posterior al tratamiento secundario, aunque en determinadas ocasiones el tratamiento secundario es capaz de generar un efluente reutilizable. Es el caso, por ejemplo, de los biorreactores de membrana (BRM) o de los sistemas naturales como la Infiltración-Percolación (IP) o las Zonas Húmedas (Wetlands).

La base que se empleará para el establecimiento de unas BP en reutilización será el esquema de la Tabla 6, modificación conjunta de las Figuras 1, 2 y 3.

Tabla 6. Esquema básico de los sistemas de regeneración con reutilización posterior

Paso	Barreras/ PMC/PCC			Observaciones I	Comentarios
	si	no	no		
1. Efluente convencional	si	no	no	Puede o no haber eliminación de nutrientes	Debe cumplir los criterios de vertido de la Directiva 91/271
2. Transporte al sistema de regeneración	no	no	no	La responsabilidad se inicia en el momento de la cesión del efluente (punto de entrega)	Legalmente habrá concesión o autorización previa
3. Tratamientos previos a la desinfección o para otros objetivos	si	si	no	Se inician propiamente los procesos de regeneración	Su mal funcionamiento suele afectar a la desinfección
4. Desinfección (a la salida)	si	si	si	No se busca la esterilización y puede encontrarse recrecimiento "a posteriori"	Según el uso debe discutirse la conveniencia de emplear determinados desinfectantes
5. Almacenaje (a la salida)	si	si	si	En puntos diferentes de un esquema de reutilización (antes o después de la distribución,)	Puede gestionarse para mejorar la calidad del agua regenerada
6. Red de distribución	no	no	no	Distribución de agua de secundario, de distintas fases del proceso de regeneración o de agua ya regenerada	La red puede constituir un reactor que modifique la calidad del agua regenerada
7. Punto de uso	no	si	si	Punto en que la calidad debe coincidir con la marcada por los estándares	Debería ser el punto de control por excelencia: no lo es según el RD 1620/2007
8. Agua regenerada en el medio	no	no	si	Puede afectar a matrices no diana	Debe controlarse la dispersión del agua aplicada
9. Matrices o medios asociados directa o indirectamente a la reutilización	no	no	no	Debe garantizarse que no queden afectados por la reutilización	Control difícil

Barreras: ¿Constituye una barrera adicional sanitaria en los sistemas de cálculo, como los DALY: Define si el paso es o no una barrera

PMC: Punto de Muestreo Crítico

PCC: Punto de Control Crítico



## 4.2 BP en distribución y almacenaje

La distribución del agua puede efectuarse directamente desde la planta de regeneración a usuarios situados muy cerca de la misma; en otros casos el agua regenerada se transporta a largas distancias, con tiempos de residencia en sistemas de canales o de tuberías que pueden ser de días. Podemos definir entonces el sistema de transporte como un reactor, en el que se pueden producir reacciones favorecidas por las biopelículas que se forman en las paredes del canal o tubo de transporte. Esta biopelícula debe mantenerse adecuadamente ya que si no se hace así, puede alterarse la calidad del agua, reducirse la capacidad de transporte o incluso aparecer problemas de estanqueidad en las conducciones.

En diversos puntos del ciclo, el agua puede almacenarse para equilibrar/combinar oferta y demanda. El almacenaje puede ser a corto plazo (e.g. balsas privadas de agricultores) o interestacional. Puede utilizarse la capacidad de los acuíferos para almacenar agua, aunque debe suponerse que en la mayor parte de ocasiones esto será a medio y largo plazo, ya que las respuestas hidráulicas de estos sistemas naturales tienden a ser lentas.

Puesto que la estancia en sistemas de almacenaje modifica la calidad en mayor o menor medida, deben gestionarse de forma adecuada.

En casos concretos, el agua puede ser transportada mediante cubas o sistemas similares, que deben ser específicos para este tipo de aguas y no emplearse para otros usos, especialmente para aguas de suministro.

## 5. BP de Uso del Agua Regenerada

En la reutilización de aguas regeneradas, las buenas prácticas deben agruparse según el criterio sea general (es decir sea aplicable a todos los tipos de reutilización) o sólo a algunas posibilidades concretas.

### 5.1. Criterios generales

Hay diversos pasos y procedimientos que son comunes a cualquier tipo de reutilización, los cuales deben considerarse como requisitos básicos. Se recogen en los denominados pre-requisitos de un sistema APPCC (consultar Anexo II) y a efectos de resumen estos requisitos básicos se han especificado ya en la tabla 3.

### 5.2. Criterios específicos por tipo de reutilización

Se han recogido los tipos de usos en reutilización indicados en el RD y que aparecen en la Tabla 7.

1. Urbanos
2. Agrícolas
3. Industriales
4. Recreativos
5. Ambientales

Cada uno de estos usos tiene unas especificidades definidas, y dentro de los mismos usos hay también variaciones en cuanto a los peligros o riesgos asociados a la reutilización que cambian según en qué se use el agua.

Es importante para cada uno de los usos fijar los puntos de seguimiento y especialmente los de control crítico

Tabla 7. Usos indicados en el RD 1620/2007

<b>1. USO URBANO</b>	
Calidad 1.1 Residencial	a) Riego de jardines privados b) Descarga de aparatos sanitarios
Calidad 1.2 Servicios urbanos	a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares) b) Baldeo de calles c) Sistemas contra incendios d) Lavado industrial de vehículos
<b>2. USO AGRÍCOLA</b>	
Calidad 2.1	a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco
Calidad 2.2	a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación del agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne c) Acuicultura
Calidad 2.3	a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua con los frutos consumidos en alimentación humana b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones c) Riego de cultivos industriales, viveros, forrajes, ensilados, cereales y semillas oleaginosas
<b>3. USO INDUSTRIAL</b>	
Calidad 3.1	a) Aguas de proceso y limpieza, excepto en la industria alimentaria b) Otros usos industriales c) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria



Calidad 3.2	a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos
<b>4. USO RECREATIVO</b>	
Calidad 4.1	a) Riego de campos de golf
Calidad 4.2	a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua
<b>5. USO AMBIENTAL</b>	
Calidad 5.1.	a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno
Calidad 5.2.	a) Recarga de acuíferos por inyección directa
Calidad 5.3.	a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público b) Silvicultura
Calidad 5.4.	a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares)

### 5.2.1. Usos urbanos

Las aplicaciones urbanas pueden tener peligros/riesgos mayores o menores según sea el destino del agua regenerada; es decir, según las posibilidades de contacto. La distinción más clara debe ser entre los usos domésticos (las de mayor riesgo) y los externos; y en estos últimos la posible afección de grupos de riesgo será el factor más limitante.

Los usos urbanos se complican debido a que se pueden emplear aguas de distintos orígenes para el suministro y a las posibles interconexiones e intercambios entre los distintos tipos de redes relacionadas con el agua que se pueden encontrar en medio urbano.

En la Tabla 8 se especifican los puntos de seguimiento y control en usos urbanos; se definen también los puntos críticos "a priori", que siempre serán definitivamente establecidos al implantar el sistema APPCC.

Tabla 8. Reutilización del agua regenerada en zonas urbanas. Puntos de seguimiento y control

PUNTO	Tipo de PC	Frecuencia de autocontrol (depende también del parámetro)	Observaciones
Salida de Regeneración	C, T	Marcada por la norma*	Puede coincidir con los controles habituales de depuración
Almacenaje	NC, T	establecido por las condiciones de la concesión	Requiere una gestión adecuada
Mezcla con otras aguas	NC; T	Debe controlarse la mezcla cuando exista	Pueden aparecer precipitados
Distribución	NC, T	Continuo	Seguimiento mediante control de presión
Tratamientos previos a la reutilización	NC, T	Semanal	Posibles re-desinfecciones necesarias
Sistema de entrada al equipo privado	NC, S	Mensual	No debe ser accesible por parte del usuario
Riegos de zonas privadas (jardines)	AE, S	Semanal	Requiere condiciones muy claras y controles estrictos del sistema
Sistema de riego Aspersión	AE, S	Semanal "de visu" Mensual analítico	Debe evitarse la formación de aerosoles. Únicamente de noche. Controlar escorrentía
Sistema de riego Localizado	NC, T	Trimestral	No debe haber pérdidas, especialmente por escorrentía
Sistema de riego Interior/cerrado	NC, T	Mensual	No debe haber pérdidas. Control específico de <i>Legionella</i> . Controles de escorrentía
Limpieza de calles	NC, S	Diaria	Únicamente de noche (sin público)
Limpieza de alcantarillas	NC	No procede	Trabajos no periódicos
Matriz ambiental Atmósfera abierta	C, S	Estudio específico	Si hay formación de aerosoles

Matriz ambiental Atmósfera cerrada	C, S	Estudio específico	Invernaderos
Matriz ambiental Agua subterránea	NC, E	En recuperación y anual del TRH	TRH: Tiempo de Residencia Hidráulico**
Matriz ambiental Aguas superficiales	NC, E	Semanal, según parámetro	Estanques y corrientes urbanos
Matriz ambiental Suelo	NC, E	Anual	Consultar riego agrícola
Ciudadano	S, SE	Epidemiología	Si hay torres de refrigeración u otros contactos posibles
Usuario	S	Epidemiología	Deben declararse enfermedades posiblemente relacionadas con agua regenerada. Se requiere información
Trabajador	S	Epidemiología	Deben declararse enfermedades posiblemente debidas al agua regenerada. Se requiere formación
Animales relacionados Terrestres/Pájaros	E	Anual	Controles ecológicos
Animales relacionados Acuáticos	E	Anual	Controles ecológicos
Flora urbana	E	Semanal	Controlar usos de zonas verdes

Tipo: **Crítico**, **No crítico**, **Atención Especial**, **Sanitario**, **Ecológico**, **Tecnológico**, **Socio-Económico**  
 \* RD 1620/2007 \*\* Prohibir extracciones incontroladas

## 5.2.2 Usos agrícolas

Como norma general se preferirán los riegos que reduzcan las posibilidades de contacto del agua regenerada con las personas y los animales, tanto domésticos o ganado, como los salvajes. Por ello, los sistemas de riego localizado serán los de elección, lo que ya se ha reflejado en las calidades indicadas en los criterios de reutilización.

No obstante, debido a que en muchos lugares otras tecnologías ya están implantadas o existen reticencias respecto a la fiabilidad y utilidad de determinadas tecnologías, deben establecerse también las buenas prácticas para las tecnologías menos recomendadas.

En la Tabla 9 se describen los puntos de seguimiento y control en agricultura. Se definen los puntos críticos "a priori", que siempre serán definitivamente establecidos al implantar el sistema APPCC.

Tabla 9. Puntos de seguimiento y control en agricultura

PUNTO	Tipo	Frecuencia de control	Observaciones
Salida de Regeneración	C, T	Marcada por la norma*	Puede coincidir con los controles habituales de depuración
Almacenaje	NC, T	Puede ser establecido por las condiciones de la concesión	Requiere una gestión adecuada
Mezcla con otras aguas	NC, T	Debe controlarse la mezcla cuando exista	Pueden aparecer precipitaciones
Distribución	NC, T	Continuo	Seguimiento mediante control de presión
Tratamientos previos al riego/aplicación al medio	En	Marcada por la norma*	Posibles re-desinfecciones necesarias
Sistema de riego A manta/surcos	C, S	Marcada por la norma*	Debe controlarse la escorrentía. Según cultivo
Sistema de riego Aspersión	C, S	Marcada por la norma*	Debe garantizarse que no se forman aerosoles. Debe controlarse la escorrentía. Según cultivo
Sistema de riego Localizado	NC	Marcada por la norma*	Control de escorrentía o flujo hipodérmico
Sistema de riego Interior/cerrado	C, S	Marcada por la norma*	Específicamente de <i>Legionella</i>
Producto regado	C, S	Controles en mercado	Riesgo alimentario
Matriz ambiental Atmósfera abierta	NC, S	Semanal si hay riego por aspersión	Control de aerosoles
Matriz ambiental Atmósfera cerrada	C, S	Pendiente de definición por la norma	Invernaderos Control específico de <i>Legionella</i>
Matriz ambiental Agua subterránea	NC, S	Semestral, nutrientes Control del TRH	Según el TRH
Matriz ambiental Aguas superficiales	NC, E	Semanal, según parámetro	Lagos y estanques
Matriz ambiental Suelo	NC, E	Anual	Controles de materia orgánica
Usuario	S, SE	Epidemiología	Deben declararse las enfermedades posiblemente debidas al agua regenerada. Se requiere información
Trabajador	S	Epidemiología	Se requiere formación. Deben declararse enfermedades posiblemente debidas al agua regenerada
Animales relacionados Terrestres/Pájaros	E	Anual	Controles ecológicos
Animales relacionados Acuáticos	E	Anual	Controles ecológicos

Tipo: Crítico, No crítico, Sanitario, Ecológico, Tecnológico, Económico \* RD 1620/2007 TRH: Tiempo de Residencia Hidráulico



### 5.2.3. Usos industriales

El uso que se considera principalmente es la refrigeración, por los volúmenes en que se emplea aunque hay debido riesgo intrínseco en relación con el posible proceso de concentración de patógenos o posterior aerosolización de estos. Hay otros usos menos peligrosos como las limpiezas o los usos en proceso. La normativa futura deja abiertas otras posibilidades.

En la Tabla 10 se describen los puntos de seguimiento y control en industria. Se definen los puntos críticos "a priori", que siempre serán definitivamente establecidos al implantar el sistema APPCC.

Tabla 10. Puntos de seguimiento y control en usos industriales

PUNTO	Tipo	Frecuencia de control	Observaciones
Salida de Regeneración	C, T	Marcada por la norma*	Puede coincidir con los controles habituales de depuración
Almacenaje	NC, T	Puede ser establecido por las condiciones de la concesión	Requiere una gestión adecuada
Mezcla con otras aguas	NC, T	Debe controlarse la mezcla cuando exista	Posibilidad de precipitados
Distribución	NC, T	Continuo	Seguimiento mediante control de presión
Tratamientos previos al uso industrial	En, T	Según la concesión	-
Matriz ambiental Atmósfera abierta	C, S	Estudio específico	Con torres de refrigeración
Matriz ambiental Atmósfera cerrada	C, S	Estudio específico	Si hay aerosolización
Trabajador	S	Epidemiología	Se requiere formación. Deben declararse enfermedades posiblemente relacionadas con agua regenerada

Tipo: Crítico, No crítico, Sanitario, Ecológico, Tecnológico, Económico \* RD 1620/2007

## 5.2.4 Usos recreativos

Los usos recreativos implican la dispersión del agua en el medio. El uso más extendido en estos momentos es el riego de campos de golf, mientras que los usos restantes pueden equipararse a los vertidos a corrientes de agua o a lagos y estanques, así como al uso de agua en fuentes ornamentales. Se considera que el contacto será accidental, y no se permite el baño.

En la Tabla 11 se describen los puntos de seguimiento y control en riego de campos de golf. Se definen los puntos críticos "a priori", que siempre serán definitivamente establecidos al implantar el sistema APPCC.

Tabla 11. Puntos de seguimiento y control en riego de campos de golf

PUNTO	Tipo	Frecuencia de control	Observaciones
Salida de Regeneración	C, T	Marcada por la norma*	Puede coincidir con los controles habituales de depuración
Almacenaje	NC, T	Puede ser establecido por las condiciones de la concesión	Requiere una gestión adecuada
Mezcla con otras aguas	NC, T	Debe controlarse la mezcla cuando exista	Posibilidad de precipitados
Distribución	NC, T	Continuo	Seguimiento mediante control de presión
Tratamientos previos al uso recreativo	T, En	Marcada por la norma y por los equipos	Posible filtrado y desinfección adicional
Matriz ambiental Atmósfera abierta	NC, S	Estudio específico	Aerosoles nocturnos
Matriz ambiental Agua subterránea	NC, E	Bianual, estudios del TRH y percolación	TRH: Tiempo de Residencia Hidráulico
Matriz ambiental Aguas superficiales	NC, E	Diaria de visu	Control de escorrentía
Matriz ambiental Suelo	NC, E	Anual	Problemas de hidrofobicidad y capa negra
Residentes y público	NC; S	Epidemiología	Si hay residencias cerca Si hay caminos públicos
Usuario	NC, S,	Epidemiología	Deben declararse enfermedades posiblemente debidas al agua regenerada
Trabajador	S	Epidemiología	Se requiere formación. Deben declararse enfermedades posiblemente relacionadas con agua regenerada

Tipo: **C**rítico, **N**o crítico, **S**anitario, **E**cológico, **T**ecnológico, **E**conómico \* RD 1620/2007

## 5.2.5 Usos ambientales

Se incluyen aquí el aumento de caudales y la recarga de acuíferos.

La recarga de acuíferos se puede llevar a cabo mediante dos tipos distintos de técnica: la recarga directa normalmente mediante pozos y la recarga indirecta mediante infiltración y posterior percolación a través del terreno.

Los riesgos difieren, ya que la entrada directa implica una barrera menos frente a los peligros. No obstante, puesto que para que la inyección directa tenga éxito la calidad del agua debe ser muy buena – en caso contrario hay riesgo de colmatación –, este aspecto queda compensado.

En la Tabla 12 se describen los puntos de seguimiento y control en aumento de caudales de aguas superficiales. Se definen los puntos críticos “a priori”, que siempre serán definitivamente establecidos al implantar el sistema APPCC.

Tabla 12. Uso del agua regenerada para recarga de aguas estancadas y corrientes. Puntos de seguimiento y control

PUNTO	Tipo	Frecuencia de control	Observaciones
Salida de Regeneración	C, T	Marcada por la norma*	Puede coincidir con los controles habituales de depuración
Mezcla con otras aguas	NC, T	Debe controlarse la mezcla cuando exista	Posibilidad de precipitados
Tratamientos previos a la aplicación al medio	T, En	Según la concesión	-
Matriz ambiental Agua subterránea	NC, E	Bianual, estudios del TRH y percolación	TRH: Tiempo de Residencia Hidráulico
Matriz ambiental Aguas superficiales	NC, E	Diaria de visu	-
Trabajador	NC, S	Epidemiología	Se requiere formación. Deben declararse enfermedades posiblemente relacionadas con agua regenerada
Público	NC, S	Epidemiología	Según la facilidad de acceso y lo concurrido del sistema. Se requiere información
Animales relacionados Acuáticos	E	Anual	Controles ecológicos
Animales relacionados Terrestres/Pájaros	E	Anual	Controles ecológicos

Tipo: Crítico, No crítico, Sanitario, Ecológico, Tecnológico  
\* RD 1620/2007

En la Tabla 13 se describen los puntos de seguimiento y control en recarga de acuíferos. Se definen los puntos críticos “a priori”, que siempre serán definitivamente establecidos al implantar el sistema APPCC.

Tabla 13. Uso del agua regenerada para recarga de acuíferos.  
Puntos de seguimiento y control

<b>PUNTO</b>	<b>Tipo</b>	<b>Frecuencia de control</b>	<b>Observaciones</b>
Salida de Regeneración	C, T	Marcada por la norma*	Puede coincidir con los controles habituales de depuración
Almacenaje	NC, T	Puede ser establecido por las condiciones de la concesión	Requiere una gestión adecuada
Tratamientos previos a la aplicación al medio	T, En	Marcada por la norma y por los equipos	Posible filtrado y desinfección adicional
Matriz ambiental Agua subterránea	NC, E	Bianual, estudios del TRH y percolación	TRH: Tiempo de Residencia Hidráulico
Matriz ambiental Suelo	NC, E	Anual	En caso de aplicación a través del suelo
Trabajador	NC, S	Epidemiología	Se requiere formación. Deben declararse enfermedades posiblemente relacionadas con agua regenerada

Tipo: **C**rítico, **N**o crítico, **S**anitario, **E**cológico, **T**ecnológico, **E**conómico  
\* RD 1620/2007

## 6. BP de Seguimiento del Agua Aplicada y del Producto

Después de la aplicación del agua regenerada (después de reutilizarla), hay una dispersión en el medio natural del agua y de las sustancias y organismos que lleva incorporados. El agua y los componentes se dispersan, y pueden ocasionalmente ser peligrosos para la salud humana, animales, plantas o ecosistemas en general. Por ello, es conveniente en determinados casos conocer los mecanismos de transporte y dispersión. En general, el agua reutilizada puede:

- a) Quedar incluida en un producto (incorporada al producto)
- b) Quedar retenida temporalmente en una matriz ambiental
- c) Evaporarse
- d) Aerosolizarse
- e) Infiltrarse y percolar a través del suelo
- f) Formar escorrentía en superficie
- g) Alcanzar masas naturales de agua: subterráneas y superficiales

### a) Incorporación al producto

Se plantea esta posibilidad en riego agrícola, cuando por las características del cultivo (hojas como en la lechuga) el agua se incorpora al mismo o queda mojando la superficie, o queda incorporada en algunos productos industriales. Se podría también hacer esta consideración en los usos recreativos y ambientales, en los que el propósito es la existencia de agua libre.

### b) Retención temporal en el medio

Dadas las características de algunos medios (suelo, acuíferos, estanques, etc.), el agua tendrá un tiempo de retención variable que puede hacer cambiar su calidad de forma importante. En algunos casos es preciso definir un modelo de gestión adecuado para que no se generen peligros sanitarios o ambientales.

### c) Evaporación

En algunos casos, el peligro desaparece prácticamente como puede suceder si se emplea para enfriar acero (evaporación). En este caso y similares, no existe la posibilidad de que haya riesgo por patógenos, aunque el riesgo químico puede persistir asociado al producto refrigerado.

También hay que considerar que en superficies de agua libre y en el suelo hay evaporación, que concentra los contaminantes.

### d) Formación de aerosoles

Determinadas formas de aplicación del agua (especialmente por aspersion o en sistemas de refrigeración) tienden a generar aerosoles, que pueden desplazarse fácilmente si hay viento hasta alcanzar personas, plantas, animales, etc.

### e) Infiltración y percolación

Prácticamente en todos los usos que implican contacto con el suelo, el agua se filtra, desaparece de la superficie y percola hasta encontrar una barrera impermeable o hasta que se evapora.

Durante la trayectoria por el suelo, la composición de los contaminantes del agua puede cambiar, eliminándose y modificándose los compuestos químicos; alterándose de esta forma la composición biológica. En este sentido hay que destacar que la velocidad de paso, la cantidad y tipo de contaminantes así como el número de organismos dependerá de las características de suelo y subsuelo.



#### f) Escorrentía

Cuando el agua se aplica en superficie y ocasionalmente en profundidad en el suelo, si se supera la capacidad de infiltración, puede formarse escorrentía superficial que puede escapar del lugar de aplicación y contribuir a la expansión de los peligros.

Según las características del terreno puede formarse flujo hipodérmico (flujo lateral bajo la superficie) que también puede generar problemas.

#### g) Llegada a masas de agua

Las aplicaciones en exceso o poco controladas hacen que el agua regenerada pueda llegar de forma indeseada a masas de agua superficiales.

Por el contrario, si el objetivo de la reutilización es aumentar los caudales circulantes, se trata de un objetivo final y no de un efecto indeseado.

### 6.1 Seguimiento

En el proyecto inicial deben tenerse en cuenta las posibilidades indicadas y plantear la necesidad de un seguimiento adecuado.

El tipo de control dependerá del tipo de riesgo y de su gravedad, así como de la definición o no de PCC en el caso de que haya dispersión importante.

Inicialmente, debería hacerse un seguimiento mediante trazadores o parámetros adecuados (e.g. conductividad).

### 6.2. Producto

Por producto pueden entenderse diversas cosas, desde la verdura regada con agua residual, hasta un campo de golf como punto de juego o el aire acondicionado. Utilizando el mismo criterio, se pueden definir subproductos de la reutilización, como sería el aire caliente procedente de intercambiadores de calor o los subproductos de separación de sólidos en suspensión del agua depurada.

Si el agua regenerada se incorpora al producto se recomienda prestar atención a la comercialización; especialmente si el producto es para alimentación (e.g. lechugas regadas con agua regenerada).

Debe controlarse también la eliminación de los subproductos y si se forman subproductos de desinfección que permanezcan en el agua (trihalometanos o similares, por ejemplo).

## 7. BP de Análisis y Control

Deben emplearse las herramientas analíticas adecuadas para cada caso, que en algún caso están especificadas en el RD 1620/2007.

Las buenas prácticas de análisis deben tener en cuenta las prácticas habituales en las tres grandes etapas características:

- Muestreo
- Análisis
- Resultados

Un protocolo de análisis debe comenzar por un conocimiento del medio en el que se debe trabajar, ya sea por experiencia anterior o por estudios detallados de gabinete. En el último caso siempre se debe trabajar con extrema prudencia, ya que las circunstancias reales suelen diferir de las descripciones teóricas.

Se debe preparar escrupulosamente el muestreo desde el gabinete con las precauciones pertinentes establecidas por las normas por lo que se refiere al material de muestreo. Debe prepararse una plantilla adecuada a cada caso y cumplirla, además de tener en cuenta que hay análisis de visu, análisis *in situ* y análisis de laboratorio.

La preparación del muestreo implica

- a) Planificar por escrito el muestreo, calculando las cantidades de muestra necesarias, los posibles conservantes a añadir a la muestra, los recipientes adecuados para cada parámetro, cómo se pueden agrupar las muestras, el transporte y la conservación adecuada, etc.
- b) Preparar los equipos que se van a emplear en el campo, con la lista de control pertinente y la comprobación previa de que todos los equipos funcionan.
- c) Registrar convenientemente todo lo preparado y las acciones llevadas a cabo, con los formularios pertinentes.

En el muestreo se debe llevar un control mediante formulario, de:

- a) Análisis de visu (color y turbidez aparente, tipo de flujo, vegetación acuática y relacionada, color en las piedras, etc.).
- b) Datos circunstanciales (lluvias en días anteriores, viento, insolación, etc.).
- c) Análisis *in situ* (temperatura de aire y agua, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, flotantes, etc.).
- d) Toma de muestras (hora del muestreo, aparatos, recipientes, volúmenes, etc.).
- e) sistema de transporte (hora de preparación de la muestra, reactivos añadidos, refrigeración, tiempo hasta el laboratorio, etc.).
- f) Llegada al laboratorio y registro de las muestras.
- g) Transporte de las muestras a los lugares correspondientes.
- h) Inicio de los análisis.

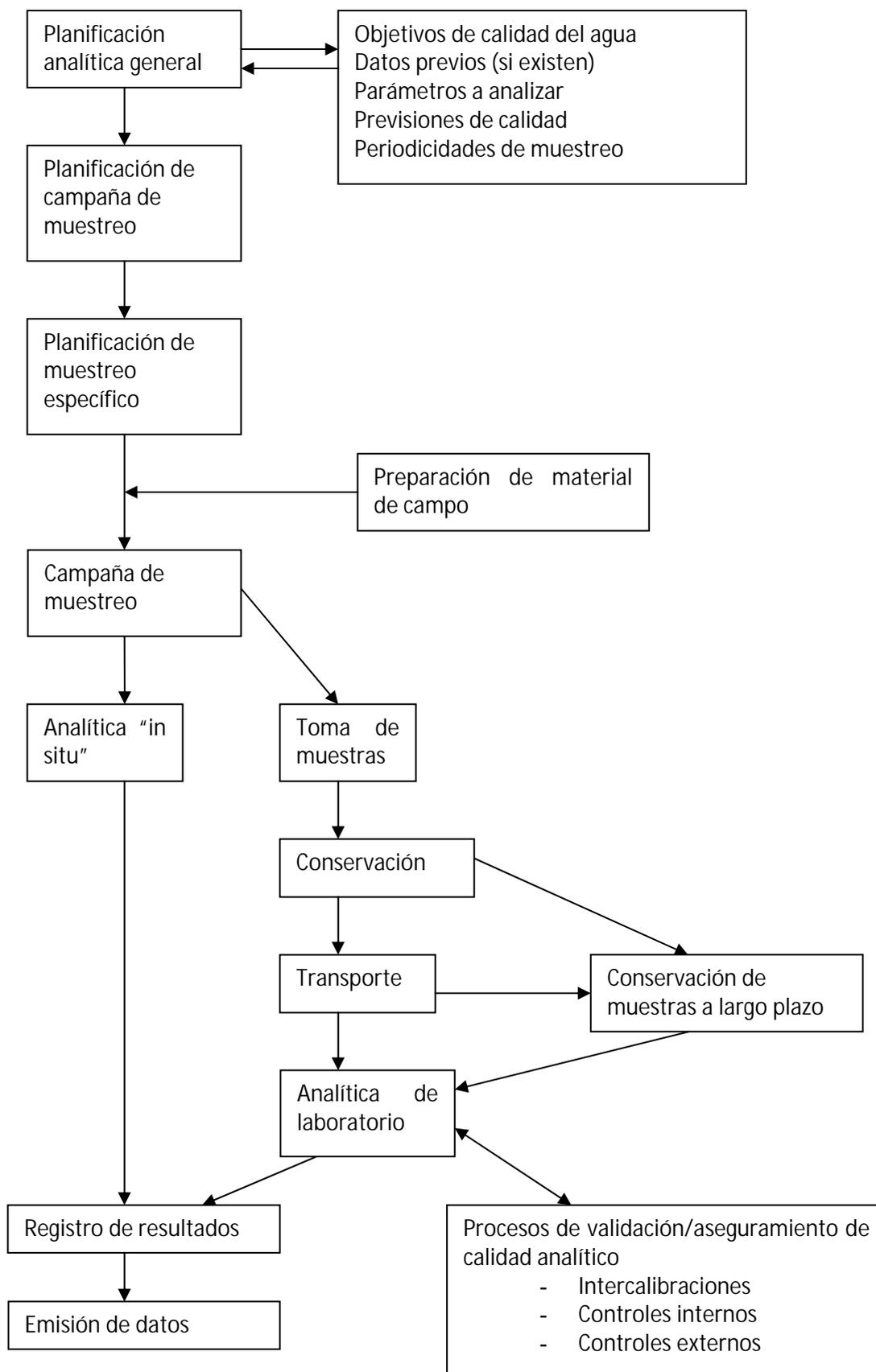
Existe la posibilidad de analizar muestras que no hayan sido tomadas por el personal de laboratorio, lo que se indicará en el formulario con los resultados. La analítica se debe llevar a cabo:

- a) En un laboratorio
- b) En el campo para análisis físico-químicos “*in situ*” y determinados análisis ecológicos

En la figura 4 se detallan los pasos necesarios en análisis y control.



**Figura 4.** Pasos a establecer en un protocolo analítico y de muestreo



## 7.1 Indicadores, bioindicadores y parámetros analíticos

En la analítica de aguas residuales y regeneradas se trabaja con parámetros de calidad física y química (por ejemplo nitratos), con parámetros indirectos (SAR, C.E.), con microorganismos patógenos o índice (Enterovirus, *Giardia*) o con microorganismos indicadores (*E. coli*, bacteriófagos). También se trabaja con bioindicadores (por ejemplo, invertebrados acuáticos) para los controles que no requieren una identificación del contaminante y en los que se busca conocer el estado ecológico de un sistema. Adicionalmente se están implantando las pruebas de toxicidad y determinados análisis específicos, como puede ser la presencia de genes de resistencia a los antibióticos.

Al aplicar el concepto de indicador a los recursos de agua, aparecen en primer lugar los parámetros de tipo microbiológico que ya hemos mencionado. Siguiendo con la discusión, un indicador de contaminación fecal se define exclusivamente para las aguas naturales y potables como herramienta de calidad. Al aplicar el concepto de indicador de contaminación fecal a las aguas residuales, la pregunta obvia es ¿para qué utilizar un indicador de contaminación fecal si las aguas son de origen fecal?

A partir de aquí, las interpretaciones y evoluciones pueden ser múltiples, desde un punto inicial: la búsqueda de un indicador adecuado para medir el grado de riesgo implícito en un agua residual de calidad determinada. La pregunta correcta debería ser ¿cuál es el peligro asociado a la reutilización? En este caso, el riesgo corresponderá a los peligros asociados a la regeneración y a cada tipo de reutilización. Pueden tener que calcularse los riesgos sanitarios o ambientales, incluso los relativos a la agricultura, al agua empleada para beber lavarse, o al baño, por ejemplo. En este sentido, los peligros/riesgos son tanto de tipo biológico como físico y químico.

### 7.1.1. Parámetros Biológicos

Los microorganismos indicadores se usan normalmente para controlar la presencia potencial en el agua regenerada de agentes patógenos de origen fecal, tanto animal como humano. Los coliformes totales (CT) y fecales (CF) y, en menor proporción *E. coli* y los enterococos, todos ellos bacterias, han sido prácticamente desde el principio del siglo XX, los organismos indicadores preferidos en el análisis de aguas; su control se ha establecido por normativas y leyes en todo el mundo. No obstante, no son los únicos microorganismos de origen fecal presentes habitualmente en el agua residual, sino que también se pueden encontrar presentes virus, protozoos...

Si los microorganismos fecales sirven como indicadores de la presencia de patógenos, aparece otra contradicción, ya que, casi por definición, se puede asegurar que hay patógenos de origen fecal en el agua a depurar, en la depurada, y posiblemente en la regenerada si no hay una esterilización o desinfección total. En todo caso, hay que dejar claro que coliformes totales o fecales, coliformes termotolerantes, *E. coli*... son buenos indicadores de bacterias de origen fecal, pero no se puede decir que lo sean de virus y parásitos, por ejemplo. La utilidad de los indicadores sería el criterio presencia/ausencia. Es decir, en ausencia de coliformes o similares, se puede aventurar que no hay patógenos en el agua regenerada.

En la Tabla 14 se describen los Parámetros Biológicos.

Tabla 14. Tipos de patógenos de origen hídrico e indicadores utilizados (modificado de Salgot *et al.*, 2001)

Tipos de patógenos de origen hídrico	Organismos indicadores	Observaciones	En investigación
Bacterias	<i>E. coli</i> , CF, CT, Estreptococos fecales, <i>Salmonella</i> spp., <i>Clostridium</i> spp.	Las determinaciones de CT se utilizan prácticamente solo en los USA. La determinación de CF es el método más utilizado a pesar de los problemas y discusiones. La determinación de <i>E. coli</i> está sustituyendo lentamente la de CF. Se emplean otras bacterias en determinaciones en aguas de baño, aguas subterráneas ...	Métodos más rápidos, mejores indicadores
Virus	Enterovirus. Virus de la hepatitis, bacteriófagos (Somáticos, F-específicos y de <i>Bacteroides fragilis</i> HSP40 y RYC2056)	Todavía no existe un indicador aceptado	Se está investigando sobre el uso de bacteriófagos y su tipo más adecuado: en los últimos años parecen ser los somáticos
Helmintos	Huevos de nematodo ( <i>Ascaris lumbricoisdes.</i> , <i>Trichuris</i> , <i>Ancylostoma</i> spp., según indica la OMS)	Desalentador: numerosos resultados negativos en muchos países. Recuperación de no más del 70%	Mejores métodos de concentración. Viabilidad
Otros helmintos (p.ej. <i>Taenia</i> spp.)	No se conocen	En algunos casos son importantes para determinar el riesgo humano relacionado con la salud animal	Mejores métodos de concentración. Determinación de la viabilidad
Protozoos (incluye <i>Giardia intestinalis</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Amoeba</i> spp., <i>Balantidium</i> spp., ...)	No se conocen. Detección directa de quistes/ oquistes. La presencia de uno de ellos puede indicar la de los otros	Hasta el momento no están bien desarrolladas las técnicas analíticas. Con agua residual, hay muchos falsos positivos	Mejores métodos de concentración. Determinación de la viabilidad
Hongos, toxinas de algas	No se conocen	Muy pocos casos detectados	Mejores métodos de concentración

CF: coliformes fecales; CT: coliformes totales

Esta consideración tiene también contradicciones. En principio, el hecho de que se encuentren patógenos en un agua regenerada no implica que las personas que entren en contacto con esta agua se infecten o que se vayan a crear problemas ambientales. Esto es así porque los mecanismos de infección no funcionan bajo el principio de una "unidad" de patógeno corresponde a una infección ya que entran en juego otras consideraciones, como los grupos de riesgo, las dosis infectivas, la virulencia, etc.

En la regeneración es importante reconocer que el uso principal de los CF (y en general de los indicadores bacterianos de contaminación fecal) ha sido la medida del rendimiento de los procesos de tratamiento y no su calidad de indicador de la presencia de bacterias, virus o parásitos; o lo que es lo mismo, de peligros y riesgos.

En los últimos años, se ha propuesto que los bacteriófagos sean el indicador viral y en general de contaminación fecal. Estructura, composición, morfología y tamaño de los bacteriófagos se parecen mucho a las de los virus entéricos. La determinación de fagos es simple y económicamente factible, pudiendo llevarse a cabo rutinariamente. Además, los sistemas de



tratamiento que eliminan los virus de forma efectiva eliminan también los otros organismos patógenos (por lo menos las bacterias).

Los patógenos más resistentes a la desinfección y que presentan la mayor capacidad de supervivencia cuando se exponen al ambiente son los quistes de protozoo y los huevos de nematodo; en consecuencia, la ausencia de indicadores bacterianos y víricos en el agua regenerada no demuestra necesariamente la ausencia de parásitos entéricos.

En la actualidad no hay sustitutos de los protozoos parásitos que puedan cumplir los criterios de un indicador aceptable. El mejor indicador serían los ooquistes de *Cryptosporidium* spp. La mayor limitación es la falta de un método exacto y preciso para la detección y la dificultad de determinar la viabilidad de los ooquistes presentes.

No existe un indicador adecuado de la presencia de huevos de helminto, pero los huevos de *Ascaris lumbricoides* tienen una mayor supervivencia en muchos medios y en condiciones favorables pueden permanecer viables en el suelo durante años. Por esto, se ha propuesto que los huevos de *Ascaris lumbricoides* sean los indicadores en las matrices ambientales y su ausencia puede ser interpretada como una indicación de la ausencia de estos huevos o de otras formas de resistencia de los parásitos. Bastantes de las técnicas actuales deben recurrir a expertos para la clasificación de quistes y ooquistes de protozoos; y requieren mucho tiempo, son caras y no muy fiables.

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se encuentra entre los nuevos métodos que se están investigando y que tiene un gran potencial para la detección directa de patógenos microbianos en aguas y aguas residuales. Se ha demostrado que es un método rápido, muy sensible y preciso; además, es capaz de detectar números muy reducidos de microorganismos. No obstante, la PCR tiene limitaciones: los falsos positivos, la inhibición por contaminantes ambientales y las dificultades de cuantificación.

### 7.1.2 Parámetros físico-químicos

Prácticamente todos los criterios para evaluar la calidad físico-química del agua regenerada se han basado en un número limitado de parámetros: SS y materia orgánica (DBO, DQO). Ocasionalmente, se requiere el análisis de la turbidez y de los metales pesados. Más normalmente se determinan Conductividad Eléctrica (C.E.) y pH, dado que son muy simples de determinar (electrodos) y en consecuencia baratos. En algunas normas recientes se requiere la determinación de microcontaminantes orgánicos, subproductos de desinfección, formas de nitrógeno y otros parámetros como plaguicidas; lo que encarece el proceso analítico y no proporciona información relevante más que en muy pocos casos.

Las características físicas de las aguas son relativamente fáciles de medir y cuantificar: aunque la más utilizada es su contenido en sólidos, que pueden ser flotantes, en suspensión, coloidales y disueltos. El contenido en sólidos de las aguas regeneradas puede generar problemas cuando se aplica un tratamiento de desinfección, como UV, cloro u ozono. Los sólidos en suspensión pueden proteger microorganismos (especialmente bacterias y virus), evitando así que los desinfectantes los afecten. Además, absorben la radiación UV e incrementan la demanda de ozono. En consecuencia, se intenta asegurar que el afluente que entra en un sistema de desinfección esté relativamente libre de sólidos en suspensión. Determinados sistemas de riego sufren problemas de colmatación si el agua tiene muchos sólidos en suspensión. Es el caso del riego por goteo, y es importante poder emplear estos sistemas en reutilización de aguas regeneradas, ya que se reduce de forma muy importante el riesgo sanitario asociado a los patógenos al dispersarse mucho menos en el ambiente el agua regenerada.

La temperatura es uno de los parámetros físicos que facilita información sobre la fuente de agua y su estado. Los cambios de temperatura influyen en la velocidad de las reacciones químicas y biológicas.



El color suele estar asociado a la presencia de materia orgánica coloidal; los colores oscuros suelen interpretarse como un problema de presencia de materia orgánica o de agua en proceso de fermentación.

En general, el olor en aguas residuales suele corresponder a procesos de fermentación. No obstante, la gama de olores es muy elevada y en algunos casos (olor a musgo, tierra mojada...) puede aceptarse como señal de que la depuradora funciona correctamente. En principio, podemos encontrar olores procedentes de los gases de fermentación (metano, sulfhídrico...) o bien compuestos orgánicos volátiles (VOCs de las siglas en inglés). En el segundo caso hay muchos compuestos que pueden ser los causantes del problema y su detección es complicada y cara.

En numerosas depuradoras, especialmente las situadas cerca de zonas densamente pobladas, se han instalado sistemas específicos de eliminación de olores, como la adición de reactivos que van a pasar al agua regenerada (e.g. sales de hierro o potasio).

La turbidez se puede relacionar con los contenidos en algunos parásitos (quistes de *Giardia*...); aunque hay discusiones sobre los límites tolerables. En cuanto a la densidad, la escasa concentración de contaminantes en las aguas residuales hace que sea útil únicamente cuando se trabaja con fangos.

La materia orgánica es uno de los elementos clave en la depuración, regeneración y reutilización de las aguas regeneradas por diversas causas:

- a) Es el contaminante para cuya eliminación se diseñan las depuradoras (conjuntamente con los sólidos en suspensión, en gran parte materia orgánica).
- b) Suele englobar un gran número de microorganismos debido a su origen fecal.
- c) Los microorganismos son materia orgánica.
- d) Puede actuar complejando contaminantes inorgánicos (e.g. metales pesados)
- e) Al descomponerse genera nutrientes y energía.
- f) Parte de ella genera moléculas procedentes de la descomposición de otras más complejas. Estos subproductos no se encontraban inicialmente en el agua residual.
- g) Algunos procesos de desinfección generan subproductos al reaccionar con ella.
- h) Una parte puede ser refractaria a los procesos de depuración, y otra puede corresponder a compuestos de tipo disruptores endocrinos, medicamentos, etc.

Existen diversos parámetros para medirla, como la DBO, DQO, TOC, etc. La interpretación de los datos es relativamente difícil y requiere cierta práctica.

Los nutrientes pueden encontrarse directamente en el agua residual o proceder de la descomposición de la materia orgánica. Su forma y cantidad dependerá en parte de los procesos de depuración y de que las depuradoras estén o no diseñadas para eliminarlos.

En general, los más importantes desde el punto de vista de los impactos negativos que generan son los compuestos de nitrógeno y fósforo. En algunos casos se produce un desequilibrio si el agua debe aplicarse en agricultura, ya que puede haber carencia de potasio. Para el nitrógeno es importante determinar su forma, ya que los impactos ambientales varían según ella.

El fósforo tiene una relación muy directa con los procesos de eutrofización, y obviamente con determinados sistemas de depuración (lagunajes), que son hipereutróficos por definición.

Hay preocupación por la posible presencia de contaminantes que no se analizan rutinariamente, pero suele haber muy poca información sobre su ocurrencia. Aunque se ha trabajado sobre los efectos en la salud humana de los contaminantes químicos, su cuantificación se ha limitado prácticamente a los denominados prioritarios y a algunos compuestos bien estudiados, como los subproductos de la desinfección con desinfectantes químicos (p. ej. cloro, ácido peracético, ozono), algunos productos industriales, determinadas hormonas y productos farmacéuticos. La presencia de microcontaminantes derivados de los

efluentes en el agua regenerada está originando dudas sobre las prácticas actuales y los nuevos proyectos de reutilización de agua.

Los microcontaminantes que tienen su origen en el agua residual han podido ser identificados debido a las mejoras en las técnicas analíticas, capaces de identificar contaminantes orgánicos polares en matrices complejas. Además, bastantes publicaciones sobre los efectos adversos después de la exposición a disruptores endocrinos han enfocado la atención de la comunidad científica sobre estos contaminantes que habían sido ignorados hasta hace pocos años.

Los microcontaminantes o microcompuestos orgánicos presentes en los efluentes secundarios pueden clasificarse en cuatro grupos de sustancias: antioxidantes, tensioactivos, compuestos de almizcle (*musk*) y una amplia miscelánea de compuestos que forman un cuarto grupo. La eliminación de los compuestos orgánicos indeseables (p.ej. los disruptores endocrinos) de los efluentes de agua residual parece esencial para la reutilización de agua regenerada en algunos usos concretos

La técnica actual para hacer mínimo el riesgo asociado a los contaminantes químicos en el agua regenerada implica el control de parámetros sustitutos, como el Carbono Orgánico Total (TOC). A medida que las técnicas analíticas mejoran, es probable que más contaminantes y subproductos de la desinfección sean detectados con relativa facilidad en las aguas regeneradas. Las futuras investigaciones deben considerar estos compuestos, que probablemente causan efectos adversos en los seres humanos y en los ecosistemas acuáticos, y preparar los programas de control adecuados para su detección. No obstante, debería llegarse a definir un número limitado de compuestos, que actúen como trazadores o indicadores de la contaminación orgánica en las aguas residuales.

Hay que destacar que a menudo se han detectado “modas” con respecto a determinados contaminantes presentes en las aguas: en los últimos años los disruptores endocrinos están perdiendo popularidad frente a los medicamentos que se encuentran en las aguas.

El contenido en sales de las aguas residuales puede crear problemas en los sistemas de tratamiento (especialmente si la concentración no es constante o hay puntas de concentración muy elevada) y cuando se quiere reutilizar para riego. Cloruros y sodio son los componentes más problemáticos, sin descartar potasio, sales de azufre, compuestos de nitrógeno (ver nutrientes), sales de metales pesados... Para determinados usos industriales, las sales también generan problemas de incrustación o corrosión, por ejemplo en sistemas de refrigeración.

Las aguas residuales son mezclas complejas, debido a la presencia de un gran número de contaminantes de naturaleza, origen y toxicidades muy diversas; y requieren una evaluación ambiental realista, que no se consigue con los parámetros clásicos físico-químicos establecidos en muchas normativas. El análisis químico no puede evaluar ni el potencial genético tóxico asociado con agua regenerada ni los posibles efectos aditivos, sinérgicos o antagonistas por lo que están comenzando a implantarse métodos biológicos de control para determinar la calidad química y biológica del agua regenerada o para controlar tanto los sistemas de tratamiento como el medio receptor. Estos métodos biológicos se basan en ensayos ecotoxicológicos y en índices biológicos que emplean bioindicadores.

La combinación de análisis químicos y métodos biológicos conduce a una información más precisa de la toxicidad de las aguas regeneradas (o con diversos grados de tratamiento), es una herramienta útil para determinar los peligros derivados del agua regenerada y puede servir para controlar tanto los sistemas de tratamiento como los medios en que el agua residual es reutilizada.

Se pueden aplicar muchos métodos, desde indicadores biocenóticos o indicadores basados en la presencia/ausencia de peces, invertebrados benthicos, moluscos, oligoquetos, quironómidos, protozoos y algas; o indicadores moleculares o bioquímicos. Por otra parte, las células tienen mucha sensibilidad a la contaminación y los cambios del medio, haciéndose evidentes

problemas que con otros métodos no se detectarían o serían poco aparentes en un ecosistema.

Una tendencia actual es hacia el desarrollo de indicadores o biomarcadores bioquímicos/moleculares. Estos indicadores de contaminación tienen diversas ventajas: tiempo de respuesta corto, respuesta más adecuada en función de la contaminación y posibilidad de extender su respuesta en función de la contaminación para extender su aplicación a diferentes ecosistemas.

Un bioindicador emplea información recogida directamente de los organismos acuáticos y de la comunidad biológica de la que forma parte y combina respuestas características múltiples, a nivel de comunidad y biológicas, en un único indicador de impactos ambientales acumulativos.

## 8. Prácticas Específicas

En la tabla 5 se halla un listado de diversas actividades y actuaciones que deben describirse con más detalle, como se hace a continuación.

### 8.1 Control de vertidos

Por ley, el Ayuntamiento es el responsable de la red de alcantarillado, que recoge la materia prima que, después de diversos tratamientos, se convertirá en el agua regenerada.

Puesto que hay diversos componentes total o parcialmente refractarios a los tratamientos del agua residual, es importante proceder a un control de sustancias susceptibles de ser controladas en origen (e.g. metales pesados).

No obstante, puesto que los vertidos de origen doméstico no pueden limitarse por definición legal, numerosas moléculas orgánicas difícilmente depurables llegan al agua regenerada y van a ser reutilizadas con el agua.

La legislación de vertido cambia según la comunidad Autónoma, por lo que se recomienda el estudio pertinente en la fase de planificación de la reutilización.

### 8.2. Autocontrol

Con la implantación de los sistemas de análisis de riesgo, aseguramiento de la calidad y buenas prácticas, la administración competente suele delegar en el fabricante/usuario el control de sus propios sistemas de fabricación o uso de un producto.

Esto implica que el productor o usuario final debe proceder a garantizar la calidad de su producto.

En el caso de la reutilización de aguas regeneradas, el autocontrol de calidad debe llevarse a cabo en:

- Depuración secundaria (la depuradora convencional es un proveedor de materia prima).
- Regeneración (productor).
- Uso final.
- Seguimiento (Trazabilidad).

La periodicidad del autocontrol viene fijada por la legislación pertinente, que en España debería ser RD 1620/2007.

Los grandes usuarios pueden llevar a cabo fácilmente estos controles, por capacidad técnica y económica. No sucede lo mismo con los pequeños usuarios, para los que deben establecerse mecanismos adecuados.

Los informes de autocontrol deben remitirse a las autoridades correspondientes (normalmente organismos de cuenca o autoridades ambientales) quienes a su vez los harán llegar a las restantes administraciones implicadas (autoridades sanitarias, agronómicas, de industria ...).

El autocontrol se llevará a cabo mediante 3 sistemas distintos:

- De visuales.
- Analítico.
- Medida en continuo.

Los controles de visuales se indican en la Tabla 15, mientras que los analíticos se describen en el capítulo correspondiente.



Tabla 15. Controles de visuales

Control	Punto	Periodicidad de control	Descripción necesaria	Observaciones
Salida planta de regeneración	C	Diario	Protocolo específico a establecer con la autorización	La apariencia puede ser un buen indicador de calidad
Pérdidas en red de distribución	NC	Anual	Método de detección	Crítico según afectaciones
Válvula de usuario	NC	Semanal/mensual	Protocolo específico a determinar	Autocontrol e inspección por el gestor
Punto de uso	C	Diaria	Protocolo a establecer con la autorización	Apariencia
Biopelícula en tuberías	NC	Semestral	Método de detección	Método por desarrollar
Uso final	S	Trimestral	Protocolo de investigación	Constatación de que los usos y usuarios son los autorizados
Escorrentías	S	Semanal, después de riego	Protocolo a establecer con la autorización	Autocontrol e inspección por el gestor
Aerosoles	S	Semanal durante riego	Protocolo a establecer con la autorización	Autocontrol e inspección
Producto regado	S	Según cultivo	Protocolo de seguimiento	Controles de mercado

Tipo: Crítico, No crítico, Sanitario, Ecológico, Tecnológico

### 8.3 Avisos de mal funcionamiento

Debe establecerse un mecanismo adecuado para que en la cadena del agua regenerada (control de vertidos, depuración secundaria, depuración terciaria o regeneración, distribución, uso final, trazabilidad) puedan transmitirse avisos de detección de incumplimiento de la calidad del agua regenerada u otras circunstancias anómalas que pudieran afectar al proceso de regeneración o reutilización.

El procedimiento de aviso estará estandarizado, y figurará bien visible en las instalaciones de depuración y regeneración; se entregará también a distribuidores y usuarios. Debe contener como mínimo:

- Listado de personas de contacto con teléfonos y direcciones.
- Protocolo de actuación detallado en caso de mal funcionamiento.

Debe existir y ser conocido un protocolo de comunicación a las autoridades correspondientes (confederación, agencias autonómicas del agua, etc.) de cualquier anomalía.

Además del procedimiento de aviso a las autoridades, las instalaciones siguientes dispondrán de un libro de registro de incidencias.

- Depuradora.
- Planta de regeneración.
- Sistemas de distribución.
- Usuario final

Para pequeños usuarios debe establecerse un protocolo de actuación adecuado.

## 8.4 Libro de registro de actividades

Prácticamente en todos los protocolos que actualmente regulan las prácticas industriales ambientales o de otro tipo se requiere un registro de todas las actividades relacionadas directa o indirectamente con el producto final.

De esta forma se puede llevar a cabo una trazabilidad inversa (del producto o la materia prima) o directa. Esta tarea facilita enormemente encontrar las causas de malos resultados o de operaciones deficientes. Se puede aplicar este mismo principio a los procesos de regeneración de aguas residuales.

El registro puede hacerse de forma manuscrita mediante impresos o preferentemente registrarse en ordenador y conservar copia impresa. En todo caso, los registros deben ser accesibles para poder favorecer la evaluación de fallos.

Se requiere libro de registro de actividades en:

- Depuradoras de aguas residuales que suministren agua tratada a sistemas de regeneración.
- Sistemas de regeneración de aguas residuales.
- Sistemas de distribución y almacenaje.
- Usos del agua en grandes usuarios.
- Caudales empleados y suministrados.

Los fallos se registrarán en un sistema aparte en el caso de grandes usuarios y en el mismo libro de actividades en pequeños sistemas. Todo ello sin perjuicio de cumplir lo que indica el RD 1620/2007.

## 8.5. Inspección

Las autoridades competentes deben supervisar los informes de autocontrol y contrastarlos con los resultados de las inspecciones, cuyo calendario no debería ser conocido de antemano.

Habitualmente se llevan a cabo controles diferenciados por parte de diferentes administraciones (p. ej: agricultura, medio ambiente, sanidad, agencia del agua, ...)

La inspección debería hacerse con un control aleatorio tanto del autocontrol como de los sistemas en tiempo de operación real.

## 8.6. Sistemas de alarma

Los sistemas de alarma son dispositivos automáticos instalados en estaciones de depuración, regeneración o distribución de aguas residuales que alertan de posibles malos funcionamientos que pueden afectar la calidad del agua regenerada.

Deben ser sistemas de medida en continuo que generen una señal de fallo al desviarse de unos valores pre-establecidos. Pueden ser de dos tipos:

- Umbral de aviso.
- Umbral de alarma.

Los parámetros o controles son, por ejemplo:

- pH.
- Conductividad Eléctrica.
- Turbidez.
- O<sub>2</sub> disuelto.
- Cloro residual.



Para casos y circunstancias especiales hay muchos sistemas y equipos de control en continuo mediante electrodos selectivos u otros sistemas.

La señal del sistema de alarma:

- a) Puede comunicarse a un operador, que procederá según protocolo.
- b) Puede desencadenar una acción automática (PLC, cortes de suministro, by-pass, etc.).

### 8.7. Medida de caudales

Las medidas de caudales son imprescindibles en los procesos de reutilización, aunque ocasionalmente se empleen para controlar la cantidad de agua utilizada por los usuarios.

Por una parte permiten calcular los caudales de agua servidos para cumplir con la concesión. Por otra, definen el agua aplicada en exceso. Puesto que la concesión es para un caudal y uso específico, esta medida es útil y permite mantener bajo un mejor control la escorrentía, producto final, etc.

### 8.8. Plan de emergencias

Los sistemas de depuración deben tener establecido un protocolo de aviso de incidencias, además de un listado de acciones a realizar en caso de mal funcionamiento que debería incluir el aviso a la planta de regeneración o un método de cortar el suministro a esta última.

Los sistemas de regeneración deberían tener el mismo sistema, pero para avisar a los usuarios finales (con concesión o autorización) y desencadenar medidas adecuadas en todos los puntos que pudieran ser afectados.

Cualquier concesionario o autorizado debe presentar conjuntamente con la solicitud de autorización o concesión un plan detallado de actuación en caso de emergencia o incidencia, con avisos automáticos siempre que sea factible o posible.

### 8.9. Definición de PCC según APPCC

Aunque hay amplias descripciones de los sistemas APPCC y referencias en la literatura, se incluye aquí un resumen:

#### 1. Determinación de los puntos de control crítico (PCC).

El Codex Alimentarius (FAO 1998) define lo que es un PCC, y adaptando la definición a la reutilización de aguas regeneradas podemos indicarlo como “una etapa en la que se puede aplicar un control - y es esencial hacerlo - para prevenir, eliminar o reducir a niveles aceptables un peligro para la seguridad del agua regenerada reutilizada”.

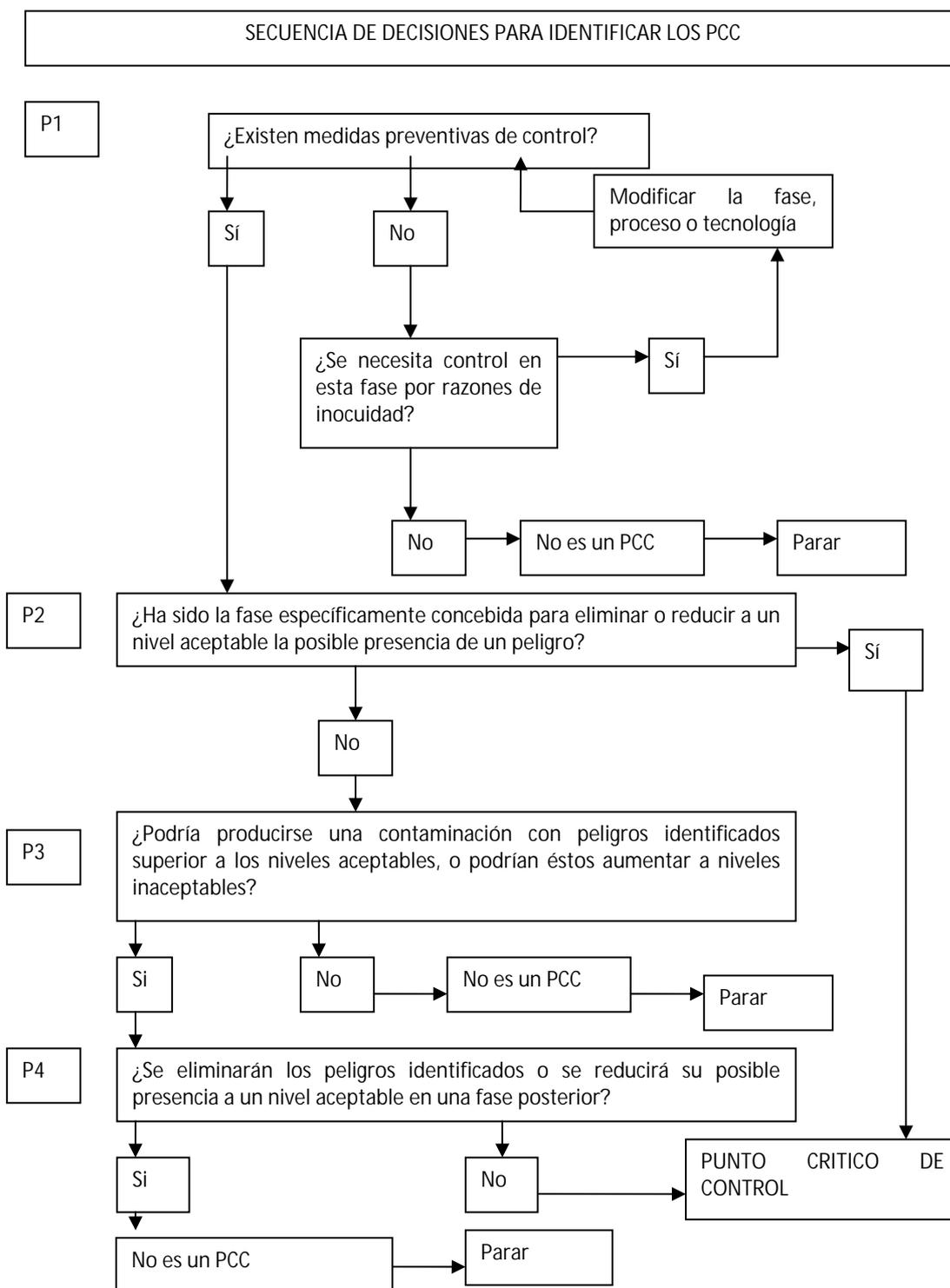
En todo caso, si se identifica un peligro en una etapa de la regeneración o reutilización en la que el control es necesario para la seguridad, pero no existen medidas preventivas para él en esta u otra etapa, el proceso debería modificarse en algún punto para permitir la aplicación de medidas preventivas.

La determinación de los PCC se puede llevar a cabo mediante un árbol de decisión (Figura 4) con una aproximación lógica (Codex Alimentarius). Hay que recordar que solo se someterán al árbol de decisiones los peligros lógicos.

Antes de determinar los PCC deben revisarse las fichas de los peligros identificados para verificar si alguno de los peligros está plenamente controlado con la aplicación de programas de prerrequisitos, ya que éstos no deberían llevarse al árbol de decisiones.



Figura 5. Secuencia de determinación de los PCC



No es suficiente determinar los PCC de forma teórica, sino que debe realizarse una comprobación in situ por parte del equipo APPCC para verificar que estos peligros están realmente controlados mediante la aplicación de los programas de prerequisites. Para estos peligros, se debe indicar en la ficha de identificación de PCC “no aplicable” y el programa de prerequisites correspondiente.

Los peligros identificados no podrán ser controlados por el explotador de la depuradora, el de la planta de regeneración o el reutilizador si el control no se realiza dentro de las instalaciones o áreas correspondientes. Cada peligro no controlado por el operador debe revisarse para determinar si podría establecerse una medida preventiva interna o no. Si esto es posible, la medida preventiva adecuada debe identificarse y revisarse. Si no es posible, deben registrarse los peligros e indicar como pueden ser considerados fuera de la línea (de tratamiento y aplicación). Conviene que en el plan APPCC exista un apartado donde se refleje qué peligros no son controlados por el plan.

Se recomienda identificar numéricamente los PCC y establecer su categoría, de forma que el usuario sepa de forma rápida que tipo de peligro debe ser controlado en un punto específico del proceso.

Las categorías son:

- Físicos.
- Biológicos.
- Químicos.
- Tecnológicos.
- Ambientales.
- Socio-económicos.
- Sanitarios.
- 

En cualquier caso, la determinación de los PCC debe estar documentada (se debe indicar por escrito cómo se han determinado).

## 8.10 Suministro de materia prima

La depuradora de aguas residuales facilita el agua con depuración secundaria al regenerador.

En algunos casos, se procede a gestionar diversos recursos de forma conjunta. Hay casos descritos (e.g. en Israel) en que se utilizan los mismos embalses para almacenar agua de lluvia (escorrentía) y agua residual regenerada.

El agua residual depurada debe cumplir la normativa establecida RD 11/1995, desarrollado por el RD/ 509/1996 y modificado por el RD 2116/1998, transposición de la Directiva 91/271 CE y 98/15 CE.

Si se procede a la mezcla de aguas de distintos orígenes, la posibilidad de esta circunstancia debe solicitarse con la concesión o autorización, según sea el caso.

## 8.11 Suministro al concesionario o autorizado

La legislación española puede establecer dos tipos de cesión de agua depurada o regenerada:

- a) Concesión.
- b) Autorización.

La concesión se otorga a un tercero, mientras que la autorización se concede a aquellos usuarios que ya tienen autorización de vertido; según indica la Ley de Aguas.

El suministro se hace a:

- Usuario final.
- Usuario que tiene sistema de regeneración.
- Agrupación de usuarios (p.ej. comunidad de regantes).
- Entidad administrativa que ha solicitado la concesión/autorización.

En todos los casos debe llevarse un registro de volúmenes y calidades suministrados.

En el contrato de cesión de caudales deben especificarse las circunstancias en que se suministra el agua, en qué casos se puede interrumpir el suministro y cuáles son los derechos y deberes de ambos, suministrador y suministrado.

## 8.12 Control de red de aducción y distribución

El agua regenerada se debe transportar hasta el usuario mediante redes de distribución, que deberían ser cerradas (tuberías) y ocasionalmente abiertas, aunque este último caso no es demasiado aconsejable excepto en circunstancias muy concretas.

Una tercera posibilidad es la distribución mediante cubas, que en todo caso deben ser específicas para este tipo de aguas, y nunca deben ser utilizadas para agua de abastecimiento potable. Se puede aceptar, previa desinfección, que se empleen contenedores que se hayan empleado para la distribución de residuos líquidos (e.g. purines) siempre que el agua no se emplee para riego por aspersión o para riego de materiales que deban consumirse en crudo.

En el caso de las tuberías (sistemas cerrados) se suelen formar biopelículas en el interior de las redes. Las biopelículas constituyen un reservorio de organismos, incluyendo bacterias y virus patógenos, por lo que debe gestionarse su control.

Esto puede conseguirse mediante llaves u otros sistemas de purga en puntos concretos de las redes de distribución y mediante la aplicación de desinfectantes.

Deben existir instrucciones concretas de gestión de las biopelículas y de las purgas; realizándose desinfecciones periódicas.

En el caso de redes de distribución muy extensas, es preciso que existan diversos puntos intermedios en los que se puedan llevar a cabo muestreos y actuaciones sobre el agua.

Las redes pueden pertenecer a la administración, a distribuidores autorizados o con concesión, o a las asociaciones de usuarios.

Es imperativo que existan facilidades de muestreo (puntos de toma de muestra) en los lugares adecuados y convenientes disponer de puntos de adición de desinfectante adicional en almacenamiento (puntos de recloración).

En la Tabla 16 se describen las BP en los sistemas de distribución y almacenaje.

Tabla 16. BP en sistemas de distribución y almacenaje

PUNTO	Frecuencia de control	Frecuencia de mantenimiento	Tipo de PC	Descripción/observaciones
Salida de regeneración	Marcada por normas	Según equipo	C, T	Debe ser accesible para muestreo
Almacenaje Privado Público	Marcada por normas	Anual, antes de períodos de llenado	NC, T	Requieren planes específicos de gestión
Puntos de mezcla con otras aguas	Establecer en proyecto	Según instalación	NC	Controles de visu semanales

Sistema de distribución Situación Código de colores Válvulas y Presión	Mensual	Anual, antes de fase de llenado	NC, T	Aprobado en fase de proyecto
	-	-	NC	Debe existir un plano detallado*
	Anual	-	NC, S	Color determinado por norma
	Mensual	Según fabricante	NC, T	Válvulas adecuadas para agua regenerada
Llegada al usuario Tipo de válvula Código de colores Sistema de apertura** Presión	Semanal	Semestral	NC, T	Instalado por externo
	Adecuada	Según instrucciones	-	Adec. agua regenerada
	Anual	-	NC, S	Color determinado por norma
	Semanal	Según fabricante	NC, T	Sólo practicable con llave
	Establecida en proyecto	Según fabricante	NC, T	Adecuada para sistema de riego
Punto de uso***	Marcada por las normas	Depende de sus características	C, S	Es el punto de máxima atención en cualquier sistema. Puntos de información de uso.
Sistema de recogida del agua usada	Establecer en proyecto	Semestral	NC, E	Para limitar escorrentía

Tipo: Crítico, No crítico, Sanitario, Ecológico, Tecnológico

\* Adjuntar plano. \*\* Puede abrir el usuario o no. \*\*\* Ver agricultura

PC: Punto de Control

### 8.13 Gestión del almacenaje

Puesto que la demanda de agua regenerada no suele ser paralela con la capacidad de suministro, es preciso gestionar la distribución del agua. Por tanto para poder proceder a un mejor aprovechamiento y gestión del recurso, se puede proceder al almacenaje de agua regenerada.

Es importante el manejo del sistema para mantener la calidad e incluso mejorarla, especialmente si los tiempos de residencia son largos.

En la Tabla 17 ya se han resumido algunos de los puntos más importantes a tener en cuenta en almacenaje de aguas regeneradas.

Tabla 17. Almacenaje de agua regenerada y sus características

Tiempo	Corta duración	Menor de una semana	Controles de eutrofización en verano
	Intermedio	Entre una semana a un mes	Controles de eutrofización en verano
	Larga duración	Más de un mes	Requiere gestor específico
Capacidad	Sistemas pequeños	Ocasionalmente con estratificación	Requieren procesos de extracción adecuados para suministrar agua de calidad
	Sistemas grandes	Estratificación si son profundos	
Gestor	Publica	-	-
	Privada	-	-
Tipo de agua	Solo agua regenerada	-	-
	Mezcla con otras aguas	-	Atención a reacciones químicas

En función del tipo, volumen, tiempo de permanencia, etc. la gestión debe ser diferente. Debe presentarse en la solicitud de concesión o autorización un programa de gestión del sistema de almacenaje.

Por otra parte, es importante establecer cuál o cuáles son los puntos de captación del agua. En todo caso, no se deben captar aguas de superficie, y se recomienda, si es posible, que la toma de agua de salida se encuentre en el punto opuesto a la entrada

Se deben evitar los flujos preferenciales de agua dentro del sistema de almacenaje.

Por lo que respecta a la estructura, se puede trabajar con sistemas cerrados o con sistemas abiertos.

Los sistemas abiertos pueden estar cubiertos por lonas que reduzcan la insolación o protejan al sistema.

Los sistemas de almacenaje juegan también el papel de defensa frente a problemas de calidad del agua suministrada. Para determinados usos puede exigirse que exista un tiempo mínimo de almacenaje del agua regenerada, que permita una reacción en el caso de evidenciarse problemas de calidad. En algunos usos es conveniente construir sistemas que mantengan la desinfección, como, por ejemplo, reclaración. Debe tenerse en cuenta la posibilidad de proceder al vaciado completo del sistema de almacenamiento para facilitar las operaciones de mantenimiento y limpieza.

#### 8.14 Usuario final

El usuario final y específicamente el punto de uso son la clave para los sistemas de regeneración y donde debe situarse el PCC básico para cualquier esquema de reutilización.

En este sentido, debe tenerse claro que

- El usuario final debe haber aceptado con pleno conocimiento el suministro de agua regenerada
- Legalmente, debe cumplir los requisitos existentes en cada momento, por lo tanto debe tener directamente una concesión o autorización; o en su defecto un contrato con el organismo o asociación que tenga la concesión o autorización.
- Tanto si se trata de un sujeto físico como jurídico. Los trabajadores en contacto con el agua regenerada deben haber cursado un período de formación, y tener un carnet de manipulador de agua regenerada.
- Los trabajadores deben tener instrucciones específicas por lo que respecta a manipulación del agua, prácticas de prevención de riesgos laborales, sistemas de prevención de mal funcionamiento y dispositivos de alarma.

#### 8.15 Sistemas APPCC

En el mundo de la depuración, regeneración y reutilización se deben tener en cuenta unas circunstancias específicas que limitan la aplicación de las buenas prácticas en relación con el riesgo, es decir, los sistemas APPCC:

- a) La atomización del sector de depuración y regeneración por lo que respecta
  - A la depuración: los tipos de empresa (predominan las empresas gestoras: privadas, públicas, mixtas) como al número real de operadores.
  - A la regeneración: desde los operadores de depuración hasta asociaciones de usuarios o usuarios individuales.
  - Al gran número de instalaciones existente.
- b) La variedad de usuarios y actores interesados que hace que la implantación de un programa de formación único sea extremadamente difícil.
- c) La materia prima (agua residual) y su origen es muy variado, ya que



- por una parte el agua residual arrastra una gran cantidad de sustancias y organismos generadores de riesgo para los posibles usuarios del agua regenerada.
- por otra cada instalación tiene un agua residual propia, lo que requiere planes de gestión específicos de cada instalación.

Por estas razones se ha cuestionado la capacidad real de numerosos usuarios para implantar un sistema de control basado en los cálculos de riesgo (APPCC). En este sentido, hay que indicar que los planes APPCC constan de dos partes diferenciadas:

- Los pre-requisitos.
- Los sistemas APPCC.

### 8.15.1 Pre-requisitos.

En la Tabla 18 se resumen los diversos pasos que constituyen los pre-requisitos, según se describen en los manuales de APPCC y tal como se han adaptado para regeneración y reutilización de aguas regeneradas.

Tabla 18. Prerrequisitos en reutilización de aguas regeneradas

ACTIVIDAD	FINALIDAD	ASPECTOS FUNDAMENTALES
Formación de trabajadores	Garantizar la calidad del producto y mejorar la seguridad del trabajador	-Actividades formativas realizada por centros de formación autorizados -Formación continuada, especialmente cuando existan cambios en actividades, proceso, personal, equipos, legislación - Actividades de formación: deben ser registradas
Mantenimiento de locales, instalaciones y equipos	Edificios, instalaciones, maquinaria y equipos que tengan relación con el agua regenerada deben estar emplazados, diseñados, construidos, utilizados y mantenidos de forma que contribuyan a producir agua regenerada segura sin afección al entorno	- Plan de mantenimiento preventivo - Sistema de reparación de averías adecuados - Acceso a servicios técnicos competentes
Limpieza y desinfección (LD)	Asegurar una LD eficaz de instalaciones y equipos, que permita la generación de agua segura, esencial para un control eficaz de los peligros en reutilización	- Se debe comprobar que las instalaciones y equipos se mantienen limpios durante el periodo de funcionamiento del equipo de regeneración. - Garantías adicionales: comprobaciones visuales, análisis microbiológicos, físico-químicos, etc. - Se debe evitar el exceso de confianza, sin datos objetivos que lo demuestren, - Las actividades de limpieza y desinfección se deben registrar
Desinsectación y desratización	Asegurar un control eficaz de peligros asociados a insectos y roedores para la inocuidad del agua regenerada y por deterioros de instalaciones e infraestructuras	- Buen diagnóstico de situación que permita identificar y priorizar los posibles problemas frente a plagas - Técnicas pasivas, que generan barreras físicas que evitan el acceso de insectos, roedores u otros vectores - Buenas prácticas de higiene - Las actividades del programa de desinsectación y desratización se registran

Trazabilidad	Aportar credibilidad y eficacia al sistema de control de la inocuidad del agua regenerada a lo largo de la cadena de regeneración /reutilización, mediante la información relevante asociada a la generación de agua regenerada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registrar toda la información relevante que identifique el agua generada en un período determinado y las matrices con las que ha estado en contacto</li> <li>-Trazabilidad del producto hacia atrás (escogiendo un día de producción determinado se puede obtener de forma ágil la información relevante asociada al tratamiento en dicho día)</li> <li>-Trazabilidad del producto hacia delante (dónde, cuándo y cómo se ha utilizado el agua regenerada producida en un día determinado)</li> </ul>
Buenas prácticas de fabricación/ manipulación	Producir agua regenerada inocua y apta para la reutilización, sustentado en un adecuado control de las operaciones realizadas en los procesos de depuración, regeneración y reutilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantación de los procedimientos básicos: formación de personal, mantenimiento de instalaciones y equipos, limpieza y desinfección, lucha antivectorial...</li> <li>-Implantación de procedimientos e instrucciones concretas de fabricación y manipulación en las instalaciones de tratamiento, distribución y uso</li> <li>- Registros de los controles realizados</li> <li>- Registros de incidencias y medidas correctoras tomadas</li> </ul>
Otros	Conseguir que los suministros (productos o servicios) respondan a unas características y especificaciones establecidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de proveedores</li> </ul>

### 8.15.2 Sistemas APPCC.

Los sistemas APPCC deberían implantarse después de comprobar que una instalación de un cierto tamaño cumple los pre-requisitos. A continuación se describen con un cierto detalle los sistemas APPCC, con las tablas pertinentes (19 y 20).

Tabla 19. Pasos de un sistema APPCC

1	Creación de un equipo de APPCC
2	Descripción del producto (agua regenerada)
3	Determinación de la aplicación del sistema APPCC
4	Elaboración de un diagrama de flujo de vertido, depuración, regeneración y reutilización
5	Verificación "in situ" del diagrama de flujo
6	Identificación y enumeración de todos los riesgos posibles Ejecución de un análisis de riesgos Determinación de las medidas de control de los riesgos
7	Determinación de los PCC
8	Establecimiento de los límites críticos para cada PCC
9	Implantación de un sistema de vigilancia para cada PCC
10	Preparación de medidas correctoras para las posibles desviaciones
11	Establecimiento de procedimientos de verificación
12	Implantación de un sistema de registro y documentación

Tabla 20. Requerimientos para los miembros y funciones del equipo de APPCC en regeneración y reutilización de aguas regeneradas.

Ítem	Observaciones
Conocimientos de tecnologías de depuración y regeneración	Capacidad de relacionar tecnología y rendimiento, especialmente en desinfección
Conocimiento de las técnicas de análisis de peligros y determinación de riesgos (APPCC)	Se pueden requerir asesores externos o un programa de formación de técnicos
Aplicación del sistema	Decidir desde qué punto y hasta cuál se aplica el sistema APPCC
Determinación de los PCC	Determinar los PCC y clasificarlos (tecnológicos, sanitarios, ambientales y sociales)
Control de los PCC	Determinar los procedimientos (parámetros y medidas) en los PCC
Verificación de operaciones en los PCC	Comprobar que los PCC reflejan el funcionamiento de los sistemas de tratamiento del agua
Análisis de resultados	Determinar la idoneidad de los PCC en función de los resultados obtenidos
Procedimientos de verificación y validación del sistema de regeneración y reutilización	Evaluar los datos para demostrar la idoneidad de los tratamientos del agua
Procedimientos de verificación y validación del sistema APPCC	Evaluar la idoneidad del sistema APPCC para la aplicación a un lugar determinado

#### Punto 1. Equipo

Hay que crear un equipo con conocimientos adecuados y capaces de dedicar el tiempo necesario a la concepción, desarrollo, implantación y seguimiento del sistema APPCC.

#### Punto 2. Descripción del producto.

La descripción se basa en los criterios de calidad, según los parámetros que fija la legislación pertinente a nivel nacional y los que las autoridades autonómicas correspondientes decidan. La normativa autonómica puede ser más estricta que la nacional, nunca al revés.

#### Punto 3. Determinación de la aplicación del sistema APPCC.

Se debe decidir desde qué punto del ciclo antrópico del agua se aplica el sistema. En casos determinados (fuentes de abastecimiento variables, desalinización por OI) pueden incluirse puntos anteriores a los procesos de depuración y regeneración.

#### Punto 4. Elaboración de un diagrama de flujo de vertido, depuración, regeneración y reutilización.

En función de la decisión en el punto 3, se elaborará un diagrama de flujo. El diagrama es una representación sistemática de las fases u operaciones llevadas a cabo en la producción del agua regenerada y es útil para la identificación y control de peligros potenciales.

Es preciso entrar en detalles todo lo que sea posible, de forma que la identificación de peligros sea fácil, pero no tanto en detalle que sobrecargue el plan con puntos poco importantes. Es importante incluir todas las etapas e incorporaciones de agua, reactivos, etc. a la línea de tratamiento en el orden correcto. Cuando existan varias calidades de agua, con líneas de tratamiento diferentes, debe realizarse un diagrama de flujo para cada una, siempre que existan diferencias significativas que lo requieran.

#### Punto 5. Verificación “in situ” del diagrama de flujo.

Se procederá a la confirmación “in situ” del diagrama de flujo en cuanto el sistema de regeneración y reutilización sea operativo o si ya lo es. Es importante saber si hay variaciones respecto al proyecto y en qué consisten.



Punto 6. Enumeración de todos los riesgos posibles, ejecución de un análisis de riesgos y determinación de las medidas de control.

Tabla 21. Resumen de listados de peligros, análisis de riesgos y medidas preventivas

Listado de peligros potenciales  [Biológico (B), Químico (Q), Físico (F)]	Revisión entradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Reactivos</li> <li>• Energía</li> </ul>
	Evaluación de operaciones de tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depuración</li> <li>• Regeneración</li> <li>• Flujos de agua</li> <li>• Aplicación</li> <li>• Personal</li> </ul>
Análisis de riesgo	Observar las prácticas reales en las distintas operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar los peligros identificados en fichas adecuadas</li> <li>• Observar las operaciones durante el tiempo oportuno</li> <li>• Observar a los empleados</li> <li>• Observar las practicas higiénicas reales</li> <li>• Análisis de la post -desinfección</li> </ul>
	Medidas de parámetros del procesado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Tiempos de residencia hidráulicos</li> <li>• Dosis de UV aplicadas</li> <li>• Concentración O<sub>2</sub> disuelto</li> <li>• Concentración desinfectante</li> <li>• Turbidez</li> </ul>
	Evaluación de los resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis resultados</li> <li>• Revisión /interpretación datos</li> <li>• Análisis de peligros para cada calidad de agua regenerada o proceso</li> </ul>
Medidas preventivas	Peligros biológicos en regeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar sólidos en suspensión</li> <li>• Establecer concentración por tiempo (C·T) en desinfección</li> <li>• Control tiempos de estancia</li> <li>• Control sistema de vaciado en almacenaje</li> </ul>
	Peligros químicos en regeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento adecuado (e.g. evitar entrada de grasas o lubricantes de la maquinaria)</li> <li>• Dosis suficiente de desinfectante</li> <li>• Etiquetado adecuado de productos</li> </ul>
	Peligros físicos en regeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carteles preventivos (e.g. desinfección por luz UV)</li> <li>• Controlar la presencia de sólidos en suspensión en el agua regenerada</li> <li>• Aspersores a baja presión para eliminar/reducir salpicaduras y aerosoles (IP)</li> </ul>

#### Punto 7. Determinación de puntos críticos

Un PCC es “una etapa en la que se puede aplicar un control - y es esencial hacerlo - para prevenir, eliminar o reducir a niveles aceptables un peligro para la seguridad del agua regenerada reutilizada”.

En cualquier caso, la determinación de los PCC debe estar documentada (se debe indicar por escrito cómo se han determinado).



#### Punto 8. Establecimiento de los límites críticos para cada PCC

- Para cada PCC hay que estudiar si existe un valor legal fijado. Si es así, hay que elegirlo forzosamente.
- Si no existe límite legal para un PCC hay que establecer uno que sea adecuado para mantener el control y prevenir el peligro. Si existen dudas debe elegirse siempre un valor conservador (e.g. mayor tiempo de contacto del ozono con el agua).
- Siempre debe registrarse toda la documentación utilizada para fijar los límites críticos.

#### Punto 9. Implantación de un sistema de vigilancia para cada PCC

La vigilancia debería proporcionar información a tiempo para permitir cualquier ajuste del proceso, prevenir la pérdida de control y evitar que los límites críticos se excedan.

#### Punto 10. Preparación de medidas correctoras para las posibles desviaciones

Se llama acción correctora a la “acción que debe ser tomada cuando los resultados de la vigilancia en un PCC indican una pérdida de control”.

Se considera pérdida de control a la desviación del límite crítico en un PCC y da como resultado la generación de agua regenerada insegura o peligrosa. Requiere identificación además del control del producto inmediato y una acción correctora.

#### Punto 11. Establecimiento de procedimientos de verificación

Los procedimientos de verificación son imprescindibles para garantizar la bondad del APPCC, y se resumen aquí en forma de tabla (Tabla 22).

Tabla 22. Procedimientos de verificación

Validación	Evaluar si los planes APPCC, para el agua regenerada y el proceso en su conjunto, identifican adecuadamente y controlan todos los peligros significativos del agua regenerada o los reducen a un nivel aceptable	-Revisión del análisis de peligros. -Determinación de los PCC. -Justificación de los límites críticos, basada en los últimos conocimientos científicos y requerimientos legales. -Determinación de si las actividades de vigilancia, acciones correctoras, procedimientos de registro y actividades de verificación son adecuadas
Auditorías del sistema APPCC	Comparar las prácticas reales y los procedimientos documentados en el APPCC escrito	-Inspecciones visuales para determinar que:  o La descripción del producto agua regenerada y el diagrama de flujo son correctos. o Se cumple la vigilancia descrita para el PCC. o Los procedimientos están operando dentro de los límites críticos establecidos. o Los registros se rellenan apropiadamente y en el momento de la observación.  -Los registros a revisar en la auditoría incluyen, por ejemplo, aquellos que demuestren que:  o Las actividades de vigilancia se realizan en los lugares especificados. o Las actividades de vigilancia se realizan con las frecuencias señaladas. o Los productos afectados han sido controlados y las acciones correctoras se han tomado cuando la vigilancia indica una desviación de los límites críticos. o Los equipos se han calibrado con las frecuencias indicadas
Calibración de equipos	Chequeo de los instrumentos y equipos con un estándar para asegurar su exactitud	
Muestreos y pruebas	Toma periódica de muestras de agua regenerada y/o en distintas fases del proceso de tratamiento o reutilización y pruebas para asegurar que los límites críticos son apropiados para el producto	

#### Punto 12. Implantación de un sistema de registro y documentación

Permite aplicar y evaluar con rigurosidad la implantación de un sistema APPCC. Aporta evidencias de disponer de un plan APPCC implantado y que funciona con efectividad.

Tipos de registros:

1. Documentación de soporte para el desarrollo del plan APPCC.
2. Registros generados por el sistema APPCC, principalmente:
  - a. Registros de la vigilancia (monitorización).
  - b. Registros de las acciones correctoras.
  - c. Registros de las actividades de verificación.
3. Documentación de métodos y procedimientos usados.
4. Registros del programa de formación y entrenamiento del personal.



### 8.15.3 Consideraciones finales: implantación

La implantación adecuada de un sistema APPCC y sus pre-requisitos significa que:

1. El plan y los pre-requisitos han sido puestos en práctica correctamente en la depuración, regeneración y reutilización. Esto supone que se lleva a cabo lo establecido en la documentación, que esto es efectivo (se garantiza agua segura) y que se puede demostrar (aportar evidencias).
2. El plan APPCC es mantenido adecuadamente. Supone que todas las modificaciones e incorporaciones de aspectos relacionados con el plan han sido convenientemente actualizadas.

Para implantar de forma eficiente un sistema APPCC en el marco de la depuración, regeneración y reutilización de aguas regeneradas, la empresa, gestor o aplicador debe estar funcionando de acuerdo con unos pre-requisitos y cumplir con la legislación correspondiente.

## 9 Resumen ejecutivo

El manual de buenas prácticas de reutilización (BPR) contiene todas las explicaciones pertinentes para desarrollar el esquema que sigue.

En principio, las BPR deberían incluir todas las etapas indicadas a continuación, pero se supone que las instalaciones de tamaño reducido o los usuarios individuales que empleen poco caudal de agua regenerada se pueden acoger al proceso simplificado, tal como se indica en el mismo manual.

Las buenas prácticas deben aplicarse en todos los pasos del saneamiento, depuración, regeneración, reutilización y seguimiento posterior de productos y matrices ambientales.

En consecuencia, unas BP completas deberían incluir

- a) Los procedimientos previos.
- b) La gestión del alcantarillado (saneamiento).
- c) La gestión del vertido
- d) El transporte.
- e) La depuración del agua.
- f) Los tratamientos avanzados (gestión de nutrientes).
- g) Los tratamientos de regeneración.
- h) La distribución y almacenaje.
- i) El uso.
- j) El seguimiento del agua aplicada.
- k) El análisis y control.
- l) La política de comunicación.

A efectos reales, los pasos a) a f) deben ser gestionados por el municipio y el “depurador”, mientras que los pasos g) a l) son los propios de la reutilización.

En todo el ciclo debe de ser considerada de manera prioritaria la eficiencia energética.

### 2. Implantación de las BP

Cualquier proyecto de reutilización debería seguir unas etapas previas a la implantación, durante ésta y posteriormente, cuando se puede considerar que es completamente operativo.

Las etapas a desarrollar y aplicar, descritas en la Tabla 1, son las siguientes:

- A. Planificación.
- B. Solicitud de la concesión / autorización.
- C. Concesión / autorización.
- D. Prerrequisitos del sistema APPCC.
- E. Implantación del sistema APPCC.
- F. Sistemas de control.
- G. Sistemas de comunicación.

A. La etapa de planificación requiere 3 fases:

- I. Planificación conceptual.
- II. Investigación de factibilidad.
- III. Planificación de instalaciones.



En cada fase se consideran diversos pasos:

- Ingeniería.
- Análisis económico.
- Leyes y normativas.
- Análisis de impacto ambiental.
- Aceptación pública.
- Soporte institucional.
- Herramientas financieras.
- Capacidad de gestión.
- Capacidad de control.

B. La etapa de solicitud de concesión o autorización incluye:

- Preparación y presentación de la solicitud, incluyendo.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Análisis del tratamiento.

C. La etapa de concesión o autorización incluye únicamente la respuesta de la administración. Si es positiva se procede a considerar las etapas siguientes.

A partir de la respuesta positiva de la administración, y antes de suministrar agua regenerada, debe ponerse a punto e iniciar el sistema de análisis de peligros y control de puntos críticos en paralelo al suministro de agua. Las etapas D y E corresponden a este sistema, y son los pre-requisitos y el sistema APPCC.

En instalaciones de regeneración y reutilización de tamaño importante, se considera procedente que se implanten los pre-requisitos y el sistema completos, mientras que en instalaciones pequeñas puede ser suficiente con los pre-requisitos a no ser que haya alguna circunstancia que lo desaconseje.

D. Prerrequisitos del sistema APPCC.

Constan de 7 puntos o pasos principales:

1. Formación de trabajadores.
2. Plan de mantenimiento.
3. Plan de limpieza y desinfección.
4. Plan de gestión de vectores.
5. Trazabilidad.
6. Buenas prácticas de regeneración.
7. Cumplimiento de especificaciones

E. Implantación del sistema APPCC.

Se requieren 12 pasos:

1. Creación de un equipo de APPCC.
2. Descripción del producto (agua regenerada).
3. Determinación de la aplicación del sistema APPCC
4. Elaboración de un diagrama de flujo de vertido, depuración, regeneración y reutilización.
5. Verificación "in situ" del diagrama de flujo.
6. Identificación y enumeración de todos los riesgos posibles.
7. Determinación de los PCC.
8. Establecimiento de los límites críticos para cada PCC.
9. Implantación de un sistema de vigilancia para cada PCC.
10. Preparación de medidas correctoras para las posibles desviaciones.
11. Establecimiento de procedimientos de verificación.



## 12. Implantación de un sistema de registro y documentación.

Para poder implantar un sistema de análisis de riesgo y para poder determinar el cumplimiento de las normas, es preciso disponer de mecanismos o sistemas de control.

### F. Sistemas de control.

En los sistemas de control deben seguirse también diversos pasos:

- Decisión de parámetros de control.
- Establecimiento de planes de muestreo.
- Establecimiento de planes de análisis.
- Sistemas de aseguramiento de la calidad.
- Sistemas de evaluación.
- Procedimientos de autocontrol.
- Procedimientos de control externo.

### H. Sistemas de comunicación

Siguiendo las políticas de la UE, se debe proceder a hacer públicas las características de un sistema de reutilización, aunque previamente sea necesario establecer los mecanismos de coordinación / comunicación internos.

- Sistema de comunicación interno.
- Comunicación pública.

La tabla que sigue sintetiza lo expuesto en este resumen ejecutivo.

Tabla 23. Esquema de implantación de las BPR

<b>Etapas</b>	<b>Pasos y Sub-pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsabilidad</b>
<b>A. Planificación</b>	Idea inicial, estudios previos	Preparación del proyecto	<i>Solicitante autorización o concesión / Agencia de planificación-gestión de recursos hídricos</i>
	<b>Fases:</b>		
	I. Planificación conceptual	Evaluación preliminar: factibilidad de implantar reutilización local o regional	Toma de decisión sobre ejecución o no del proyecto: <i>Autoridad del agua o usuarios</i>
	II. Investigación de factibilidad	Análisis detallado de recursos hídricos y necesidades: depuración y seguimiento; mercado del agua regenerada.	Determinar tratamientos adecuados. Crear demanda real y sostenible <i>Autoridades del agua y sanidad, usuarios</i>
	III. Planificación de instalaciones	Investigaciones complementarias sobre los aspectos analizados en las fases previas.	Escenarios de investigación y de factibilidad financiera. <i>Autoridades del agua, sanitarias y económicas, usuarios, investigadores</i>
	<b>Pasos:</b>		
	Ingeniería	Investigación/ adaptación de nuevas tecnologías y mejora de las existentes	Capacidad de identificar y resolver problemas durante la definición del proyecto: <i>Planificadores, ingenierías</i>
	Análisis económico	Depende de la economía del país, región o ciudad y de la capacidad de los usuarios finales de mantener la regeneración	Factibilidad económica: construcción, costes y controles en operación y mantenimiento. <i>Autoridades del agua y económicas</i>
Leyes y normativas	Permiten una buena planificación: definen calidad y usos permitidos del agua regenerada	<i>Autoridades sanitarias y del agua y poder legislativo</i>	



	Análisis de impacto ambiental	Considerar todas las matrices ambientales. Impactos positivos y negativos	<i>Administraciones, empresas especializadas, centros de investigación</i>
	Aceptación pública	Factor clave para el éxito. Diferentes factores implicados: socio-culturales, nivel de educación...	<i>implicados / actores: administraciones, usuarios, público, afectados</i>
	Soporte institucional	Centralizar decisiones en pocas instancias administrativas. Soporte financiero y legal	<i>Autoridades del agua, sanitarias, económicas, agricultura, industria...</i>
	Herramientas financieras	Subsidios, impuestos, créditos, precio, ...	<i>Autoridades del agua y económicas. Usuarios y agrupaciones de usuarios</i>
	Capacidad de gestión	Energía, recambios, operadores expertos...	<i>Autoridad del agua, explotadores, usuarios</i>
	Capacidad de control	Disponibilidad de las herramientas necesarias (e.g. control de virus o parásitos).	<i>Autoridades sanitarias, explotadores y usuarios (autocontrol)</i>
<b>B. Solicitud de la concesión/ autorización</b>	Preparación y presentación de la solicitud	Solicitud con todos los requisitos, presentada a la autoridad del agua	<i>Usuario individual o asociaciones de usuarios</i>
	Evaluación de Impacto Ambiental	Evaluación previa de impactos ambientales positivos y negativos	<i>Usuario intermedio o final, consultores especializados</i>
	Análisis del tratamiento (regeneración)	Adecuación de los tratamientos a la calidad exigida	<i>Autoridades del agua y sanitarias</i>
<b>C. Concesión/ autorización</b>	Respuesta a la petición	Se concede / autoriza la reutilización con uso específico y volumen determinado en las condiciones de la petición	<i>Administración del agua, con decisión final autoridades sanitarias</i>
<b>D. Pre-requisitos del sistema APPCC</b>	1. Formación de trabajadores	Obtención del carnet de regenerador/ reutilizador	<i>Cursos organizados por las administraciones del agua y sanitaria</i>
	2. Plan de mantenimiento	Mantenimiento de locales	<i>Usuario o gestor del sistema de regeneración</i>
	3. Plan de limpieza y desinfección	Asegurar limpieza y desinfección eficaces	
	4. Plan de gestión de vectores	Desinsectación y desratización	
	5. Trazabilidad	Información relevante asociada a la generación del agua regenerada	<i>Gestor de la regeneración</i>
	6. Buenas prácticas de regeneración	Actuaciones controladas en tratamiento de agua	<i>Usuario</i>
	7. Cumplir especificaciones legales	Producto final ajustado a las especificaciones	<i>Usuario: Control de proveedores Autocontrol propio o por terceros</i>
<b>E. Implantación del Sistema APPCC</b>	1. Creación del equipo APPCC	Equipo con implicados directos e indirectos y asesores	<i>Autoridades del agua y sanitaria, usuarios, consultorías, centros de investigación</i>
	2. Descripción del producto (agua regenerada)	Criterios de calidad según legislación nacional y autonómica pertinente	<i>Autoridades del agua y sanitaria, equipo APPCC</i>
	3. Determinación de la aplicación del sistema APPCC	Estudio de la aplicación práctica y modificaciones pertinentes	<i>Equipo APPCC</i>

	4. Elaboración de un diagrama de vertido, uso, depuración, regeneración y reutilización	Representación sistemática de fases y operaciones en regeneración	<i>Planificador, constructor, gestor, usuario, equipo APPCC</i>
	5. Verificación "in situ" del diagrama de flujo	Confirmación "in situ" del diagrama cuando sea operativo o si ya lo es.	<i>Equipo APPCC</i>
	6. Análisis y control de riesgos.	Identificación, enumeración y evaluación de peligros posibles. Análisis y medidas de control de los riesgos	<i>Equipo APPCC</i>
	7. Determinación de los PCC	Establecimiento de los PPC y descartar los PC no relevantes	<i>Equipo APPCC</i>
	8. Establecimiento de los límites críticos para cada PCC	Elegir un valor para cada PCC. Si no hay, emplear el más adecuado para mantener el control y prevenir el peligro.	<i>Equipo APPCC</i> Es importante el registro de la documentación utilizada para fijar los límites críticos.
	9. Implantación de un sistema de vigilancia para cada PCC	Información para prevenir: - ajustes del proceso - pérdidas de control - evitar que los límites críticos se excedan	<i>Gestor del sistema, equipo APPCC</i> Control de la puesta en marcha del PCC, para un adecuado funcionamiento a lo largo del tiempo.
	10. Preparación de medidas correctoras para las posibles desviaciones	La pérdida de control es la desviación del límite crítico en un PCC, que produce agua regenerada insegura o peligrosa.	<i>Gestor del sistema, equipo APPCC</i> Identificación del producto, control inmediato del mismo y acción correctora.
	11. Establecimiento de procedimientos de verificación	Permite asegurar el buen funcionamiento del todo el sistema	<i>Equipo APPCC</i>
	12. Implantación de un sistema de registro y documentación	Tipos de registro: 1. documentación de soporte para el desarrollo del plan APPCC. 2. registros generados por el sistema APPCC: a. vigilancia (control) b. acciones correctoras c. verificación 3. métodos y procedimientos usados. 4. programa de formación y entrenamiento del personal (pre-requisito)	<i>Equipo APPCC, gestor del sistema, concesionarios, autorizados y usuarios</i> Aplicación y evaluación con rigurosidad de la implantación de un sistema de APPCC. Aporte de evidencias para disponer de un plan APPCC implantado y que funcione con efectividad.
<b>F. Sistemas de control</b>	Decisión de parámetros de control	Definición de los parámetros de control según normativa y casos específicos	<i>Autoridades del agua y sanitarias.</i> <i>En casos específicos: agrícolas, industriales...</i>
	Establecimiento de planes de muestreo	En función de controles exigidos	<i>Gestor del sistema, usuario</i>
	Establecimiento de planes de análisis	En función de controles exigidos	<i>Gestor del sistema, usuario</i>
	Sistemas de aseguramiento de la calidad	Documento para fijar sistemas de calidad en todo el proceso e instalaciones.	<i>Autoridades relacionadas. Gestor del sistema, usuario, consultorías</i>
	Sistemas de evaluación	Evaluación de cumplimiento de estándares y objetivos	<i>Equipo APPCC, autoridades relacionadas</i>
	Procedimientos de autocontrol	Controles internos de cumplimiento de calidad y objetivos	<i>Gestor del sistema, usuario</i>
	Procedimientos de control externo	Inspecciones	<i>Autoridades del agua y sanitarias</i>



<b>G. Sistemas de comunicación</b>	Sistema de comunicación interno	Intercambio de información en emergencias entre actores	<i>Gestores de sistemas de tratamiento y usuarios</i>
	Comunicación pública	Información a interesados y público en general	<i>Autoridades del agua y sanitarias, gestores</i>

## Anexo 1

Esquema simplificado de la implantación y funcionamiento de un proyecto de reutilización

En las tablas que siguen se resumen las indicaciones del Manual de Buenas Prácticas, para facilitar su consulta.

La Tabla 24 describe los diferentes pasos de un sistema de reutilización al que se desea aplicar un sistema de Buenas Prácticas, desde que se planifica hasta su operación normal.

Las Tablas siguientes detallan cada uno de los puntos indicados en la Tabla 24.

Tabla 24: Esquema global

1. Propuesta inicial y estudios previos	2. Decisión	3. Planificación	4. Construcción	5. Periodo de garantía
Deben de reunirse los datos suficientes para poder tomar una decisión	Conocimientos de base  21. SSD 22. Autoridades 23. Demanda de usuarios	31. Fase I 32. Fase II 33. Fase III	41. Proyecto 42. Proyecto constructivo 43. Construcción. 44. Documentación final 45. Asistencia técnica	51. O&M periodo de garantía 52. Reparaciones/Modificaciones 53. Documentación
6. O&M habituales	7. Control en garantía y operación	8. Agua usuario final	9. Reutilización	10. Seguimiento del agua posterior a la reutilización
61. Operación habitual 63. Mantenimiento preventivo 63. Averías. 64. Modificaciones. 65. Documentación	71. Autocontrol 72. Inspecciones 73. Documentos de calidad	81. instalaciones del usuario final. 82. Comunicación Productor/usuario final. 83. Control de caudales servidos.	91. Reutilización/ Aplicación 92. O&M de instalaciones 93. Documentación	101. Agua regenerada/reutilización 102. Matrices ambientales. 103. Problemas sanitarios

O&M: Operación y Mantenimiento

Tabla 25. Decisión. Descripciones

Etapas	Descripción	Acciones	Comentarios
CONOCIMIENTOS DE BASE	Conocimiento (autoridades, promotores, etc.) del mínimo de condiciones que permitan iniciar unos estudios de reutilización	Crear un equipo de decisión / soporte con conocimientos técnicos adecuados	Es aconsejable que el equipo disponga de técnicos que conozcan el lugar de aplicación Debe considerarse su ya se incorporan al equipo los posible afectados o grupos de trabajo
21. SSD (Sistemas de Soporte a la Decisión)	Herramientas informáticas que ayudan a la toma de decisiones por los ejecutores o autoridades del agua.	Construir un SSD (opcional)	Debe integrar los conocimientos disponibles y los juicios técnicos adecuados. Requiere un trabajo previo importante de recogida de datos locales y de conocimientos técnicos

<b>22. ADMINISTRACION / AUTORIDADES</b>	Autoridades con capacidad de decisión en el tema. Las autoridades sanitarias tienen capacidad de veto	Tomar una decisión política. Tomar decisiones administrativas	Usualmente debe consultarse a las autoridades ambientales (incluyendo las del agua), agrícolas, industriales y sanitarias.
<b>23. DEMANDA DE USUARIOS</b>	Usuarios posibles del agua regenerada. Debería ser una fase previa a cualquier proyecto	Contactos previos para garantizar aceptación y <i>mercado</i> del agua regenerada	Debería identificarse la demanda en las primeras fases de un proyecto: agrícola, urbana, de ocio, industrial, ...

Tabla 26. Planificación

<b>Etapas</b>	<b>Pasos y Sub-pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>Comentarios / Responsabilidad/ Actores</b>
<b>Planificación</b>	Idea inicial, estudios previos, estudios avanzados	Discusión inicial y en diversos momentos posteriores de la posibilidad de reutilización en un área determinada	En función de los datos existentes en cada paso, decidir si el proyecto sigue o no adelante	Solicitante autorización o concesión / Agencia de planificación-gestión de recursos hídricos / Autoridades sanitarias
<b>Consultas</b>	Consultas a posibles usuarios	Proceder a determinar los usuarios voluntarios o a los que se obligará a cambiar de recurso	Crear panel de discusión e información	Hay que destinar recursos económicos a esta actividad. Puede ser necesario disponer de profesionales de la actividad
<b>Prospectiva</b>	Ejercicios de prospectiva	Establecer escenarios a diferentes plazos y con varias alternativas Incluir estudios de mercado	Debe trabajarse en equipo, incluyendo economistas, geógrafos, especialistas en el uso previsto, etc.	Hay que incluir el escenario cero (qué pasaría sin la actividad)
<b>Comunicación</b>	Decisiones de comunicación a actores, interesados	Decisión de los medios a emplear y de la extensión de la comunicación	Preparar elementos de comunicación para diferentes tipos de usuario e interesado	Puede suscitar rechazo en vez de soporte.

Esta parte puede llevarse a cabo de forma muy detallada, si el proyecto es importante. Para ello se trabaja en fases, según las tablas siguientes o se recurre a procedimientos simplificados.

Tabla 27. Fase I de la planificación

Fase I:	Descripción	Comentarios / Responsabilidad / Actores
Planificación conceptual	Evaluación preliminar: factibilidad de implantar reutilización local o regional.	Toma de decisión sobre ejecución o no del proyecto: Autoridad del agua o usuarios
<b>Pasos:</b>		
Ingeniería	Investigación/adaptación de nuevas tecnologías y mejora de las existentes	Capacidad de identificar y resolver problemas durante la definición del proyecto: Planificadores, ingenierías
Análisis económico	Depende de la economía del país, región o ciudad y de la capacidad de los usuarios finales de mantener la regeneración	Factibilidad económica: construcción, costes y controles en operación y mantenimiento. Autoridades del agua y económicas
Leyes y normativas	Permiten una buena planificación: definen calidad y usos permitidos del agua regenerada	Autoridades sanitarias y del agua y poder legislativo
Análisis de impacto ambiental	Considerar todas las matrices ambientales. Impactos positivos y negativos	Administraciones, empresas especializadas, centros de investigación
Aceptación pública	Factor clave para el éxito. Diferentes factores implicados: socio-culturales, nivel de educación...	Stakeholders / implicados / actores: administraciones, usuarios, público, afectados
Soporte institucional	Centralizar decisiones en pocas instancias administrativas. Soporte financiero y legal	Autoridades del agua, sanitarias, económicas, industria...
Herramientas financieras	Subsidios, impuestos, créditos, precio, ...	Autoridades del agua y económicas. Usuarios y agrupaciones de usuarios
Capacidad de gestión	Energía, recambios, operadores expertos...	Autoridad del agua, explotadores, usuarios
Capacidad de control	Disponibilidad de las herramientas necesarias (e.g. control de virus o parásitos)	Autoridades sanitarias, explotadores y usuarios (autocontrol)

Tabla 28. Fase II de la Planificación

<b>Fase II:</b>	<b>Descripción</b>	<b>Comentarios / Responsabilidad / Actores</b>
Investigación de factibilidad	Análisis detallado de recursos hídricos y necesidades: depuración y seguimiento; mercado del agua regenerada.	Determinar tratamientos adecuados. Crear demanda real y sostenible. Autoridades del agua y sanidad, usuarios
<b>Pasos:</b>		
Ingeniería	Investigación/adaptación de nuevas tecnologías y mejora de las existentes	Capacidad de identificar y resolver problema durante la definición del proyecto: Planificadores, ingenierías
Análisis económico	Depende de la economía del país, región o ciudad y de la capacidad de los usuarios finales de mantener la regeneración	Factibilidad económica: construcción, costes y controles en operación y mantenimiento. Autoridades del agua y económicas
Leyes y normativas	Permiten una buena planificación: definen calidad y usos permitidos del agua regenerada	Autoridades sanitarias y del agua y poder legislativo
Análisis de impacto ambiental	Considerar todas las matrices ambientales. Impactos positivos y negativos	Administraciones, empresas especializadas, centros de investigación
Aceptación pública	Factor clave para el éxito. Diferentes factores implicados: socio-culturales, nivel de educación...	Stakeholders / implicados / actores: administraciones, usuarios, público, afectados
Soporte institucional	Centralizar decisiones en pocas instancias administrativas. Soporte financiero y legal	Autoridades del agua, sanitarias, económicas, industria...
Herramientas financieras	Subsidios, impuestos, créditos, precio, ...	Autoridades del agua y económicas. Usuarios y agrupaciones de usuarios
Capacidad de gestión	Energía, recambios, operadores expertos...	Autoridad del agua, explotadores, usuarios
Capacidad de control	Disponibilidad de las herramientas necesarias (e.g. control de virus o parásitos)	Autoridades sanitarias, explotadores y usuarios (autocontrol)

Tabla 29. Fase III de la planificación

<b>Fase III:</b>	<b>Descripción</b>	<b>Comentarios/ Responsabilidad / Actores</b>
Planificación de instalaciones	Investigaciones complementarias sobre los aspectos analizados en las fases previas.	Escenarios de investigación y de factibilidad financiera. Autoridades del agua, sanitarias y económicas, usuarios, investigadores
<b>Pasos:</b>		
Ingeniería	Investigación/adaptación de nuevas tecnologías y mejora de las existentes	Capacidad de identificar y resolver problemas durante la definición del proyecto: Planificadores, ingenierías
Análisis económico	Depende de la economía del país, región o ciudad y de la capacidad de los usuarios finales de mantener la regeneración	Factibilidad económica: construcción, costes y controles en operación y mantenimiento. Autoridades del agua y económicas
Leyes y normativas	Permiten una buena planificación: definen calidad y usos permitidos del agua regenerada	Autoridades sanitarias y del agua y poder legislativo
Análisis de impacto ambiental	Considerar todas las matrices ambientales. Impactos positivos y negativos	Administraciones, empresas especializadas, centros de investigación
Aceptación pública	Factor clave para el éxito. Diferentes factores implicados: socio-culturales, nivel de educación...	Stakeholders / implicados / actores: administraciones, usuarios, público, afectados
Soporte institucional	Centralizar decisiones en pocas instancias administrativas. Soporte financiero y legal	Autoridades del agua, sanitarias, económicas, industria...
Herramientas financieras	Subsidios, impuestos, créditos, precio, ...	Autoridades del agua y económicas. Usuarios y agrupaciones de usuarios
Capacidad de gestión	Energía, recambios, operadores expertos...	Autoridad del agua, explotadores, usuarios
Capacidad de control	Disponibilidad de las herramientas necesarias (e.g. control de virus o parásitos)	Autoridades sanitarias, explotadores y usuarios (autocontrol)

Tabla 30. Construcción

<b>Etapas</b>	<b>Pasos y Sub-pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Acciones</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
<b>Construcción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concurso según prácticas administrativas y técnicas adecuadas</li> <li>- Seguimiento</li> <li>- Modificaciones durante la construcción</li> <li>- Documentación</li> </ul>	Es muy importante que la construcción de depuradoras y sistemas de regeneración se lleve a cabo de forma correcta y dejando claro que la depuración y la regeneración deben integrarse entre ellas en las etapas iniciales, ya en la planificación. Debería aplicarse un sistema de buenas prácticas de construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprobar</li> <li>- Proyecto inicial</li> <li>- Proyecto constructivo</li> <li>Hacer público</li> <li>- Concurso de construcción</li> <li>Decidir</li> <li>- Asistencia técnica</li> <li>Proceder al</li> <li>- Seguimiento por personal de la administración</li> <li>Aceptar</li> <li>- Obra terminada y comprobada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las tecnologías implantadas deben ser las adecuadas para conseguir una calidad máxima del agua, con el mínimo coste posible y sin comprometer la seguridad del recurso</li> <li>- Su construcción debe ser con personal calificado para evitar problemas posteriores de operación y mantenimiento</li> </ul>

Tabla 31. Seguimiento.

<b>Paso:</b>	<b>Descripción</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
Seguimiento	Asistencia Técnica	Seguimiento del proyecto constructivo según buenas prácticas. Se controlan materiales, ejecución, adaptación al entorno, etc. Se reduce el impacto de la construcción todo lo que sea posible

Tabla 32. Modificaciones durante la construcción

<b>Paso:</b>	<b>Descripción</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
Modificaciones durante la construcción	Discusión e implantación de modificaciones propuestas por el constructor u otras partes Documentación de todos los cambios	Muy importante para gestión y mantenimiento posteriores

Tabla 33. Documentación

<b>Paso:</b>	<b>Descripción</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
Documentación	Debe incluir todos los proyectos, planos, datos y variaciones	Todos los pasos y etapas deben documentarse.

Tabla 34. Periodo de garantía.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
O&M PERIODO DE GARANTÍA	Establecer los mecanismos de operación y mantenimiento Corregir errores y vicios de construcción	Verificar y aprobar - manual de operación - manual de mantenimiento - instrucciones de operación y alarma Operar el sistema a pleno rendimiento	Es imprescindible controlar que realmente hayan funcionado todos los equipos y que los resultados sean constantes a lo largo del período (fiabilidad del sistema)
<b>REPARACIONES/MODIFICACIONES</b>			
REPARACIONES	Llevar a cabo las reparaciones necesarias para asegurar el funcionamiento correcto del equipo durante su vida útil	Documentar todas las actuaciones Investigar los fallos	Debe limitarse el suministro durante las reparaciones para garantizar que no se sirve agua que no cumpla las condiciones
MODIFICACIONES	Llevar a cabo las modificaciones necesarias para asegurar el funcionamiento correcto del equipo durante su vida útil	Documentar todas las actuaciones Justificar las modificaciones	Limitar el suministro si no es correcto y proceder a realizar de nuevo los análisis de riesgo si la modificación lo justifica
DOCUMENTACIÓN	Registro de actividades en relación con los equipos y actuaciones en reutilización	Documentar todos los pasos, operaciones y sustituciones de equipos, instalaciones, etc	Componente básico de la gestión de todas las instalaciones de reutilización, especialmente si se trabaja con control de peligros/riesgos

Tabla 35. Operación y mantenimiento habituales.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
OPERACIÓN HABITUAL	Actividades que se realizan cuando la instalación funciona correctamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer exactamente qué significa operación habitual</li> <li>- Definir protocolos de actuación durante la operación habitual</li> <li>- Definir protocolos de actuación para casos problemáticos</li> </ul>	Debe distinguirse entre operación habitual cuando los sistemas anteriores facilitan materia prima de calidad adecuada y operación con fallos de materia prima, aunque el sistema de regeneración funcione correctamente
MANTENIMIENTO	Actividades de sustitución y mantenimiento de equipos durante la operación de un sistema de regeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir un protocolo de mantenimiento</li> <li style="padding-left: 20px;">Cambio de equipos o sus partes al fin de su vida útil</li> <li style="padding-left: 20px;">Operaciones habituales en los equipos (cambio de aceite, etc.)</li> </ul>	El mantenimiento debería ser siempre preventivo, para garantizar que se dan los mínimos fallos de operación posibles Debe haber un presupuesto de mantenimiento suficiente
	Actividades de sustitución de equipos estropeados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir un protocolo de actuación en caso de fallos de equipos</li> </ul>	Ver averías
AVERIAS	Mal funcionamiento de sistemas o equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir un protocolo de actuación en caso de fallos de equipos</li> <li>- Investigar la causa de la avería</li> </ul>	No suministrar agua si no se tiene la garantía de calidad de acuerdo con los estándares
MODIFICACIONES	Cambios de sistemas, equipos o modos de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir un protocolo de cómo llevar a cabo las modificaciones</li> <li>- Justificar las modificaciones</li> </ul>	Teóricamente las modificaciones se llevan a cabo para mejorar la calidad del agua, aunque ocasionalmente se reduce el consumo de energía o reactivos o se mejora la percepción del sistema
DOCUMENTACIÓN	Constancia escrita de todas las actuaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registrar todas las actuaciones y cambios</li> </ul>	Permite investigar las anomalías con una base adecuada

Tabla 36. Control en periodos de garantía de operación y mantenimiento.

<b>Etapas</b>	<b>Pasos y Sub-pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
AUTOCONTROL	Análítica y procesos de aseguramiento de la calidad	Actividades internas para determinar el buen funcionamiento de los sistemas y que la calidad del agua producto es la adecuada	Preparación de un protocolo para establecer las actuaciones necesarias para determinar la calidad del efluente	Hay que determinar en quién recae la responsabilidad del buen funcionamiento y quién debe tomar las decisiones
INSPECCIONES	Autocontrol	Mecanismos para garantizar que el control interno se realiza de forma adecuada	Establecimiento de protocolos y equipos de control interno	Es recomendable que se incluya algún agente externo, con perspectiva suficiente
	Inspección externa	Control de los sistemas y efluentes por las autoridades responsables (administración)	Inspecciones de equipos y documentación	En ocasiones se contrata este servicio a empresas externas a la administración
DOCUMENTOS DE CALIDAD	-	Documentación de actividades, protocolos, cambios, incidencias, etc.	Implantación de mecanismos adecuados de documentación	El soporte debe ser adecuado y con garantía de conservación (copias de seguridad) frente a accidentes

Hay que recordar que en este punto se produce el cambio de responsabilidad, puesto que el punto de entrega al usuario final es aquí.

Tabla 37. Agua a usuario final.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
INSTALACIONES DEL USUARIO FINAL	Cualquier equipo o instalación en contacto con el agua regenerada	Mantener y gestionar los equipos de acuerdo con la concesión y las especificaciones de las BPR	El usuario final es el responsable de las instalaciones y de mantener la calidad del agua excepto si hay un intermediario que gestiona la concesión
COMUNICACIÓN PRODUCTOR/USUARIO FINAL	Garantizar que hay mecanismos de comunicación entre el productor del agua regenerada y el usuario final (incluyendo paso por intermediarios)	Establecer protocolos de comunicación de incidencias entre gestores de depuración y regeneración, concesionario y usuario final. Debe existir un mecanismo para notificación a las autoridades responsables	La administración debe velar porque existan estas vías de comunicación. Es importante que los operarios conozcan los protocolos y que estén disponibles fácilmente
CONTROL DE CAUDALES SERVIDOS	Mecanismo de medida de caudales servidos y/o recibidos por los productores, intermediarios y usuario final	Instalar mecanismos de control de caudales en los puntos necesarios	Permite la inspección de los caudales servidos y posiblemente de su uso final

Tabla 38. Reutilización.

<b>Etapas</b>	<b>Pasos y Sub-pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
REUTILIZACIÓN/APLICACIÓN	Distribución final	Sistemas de distribución en alta y baja. Incluye conducciones/transporte	Controlar los sistemas de distribución y preparar protocolo de mantenimiento	Controlar especialmente las biopelículas y reacciones en sistemas de distribución extensos
	Reutilización/aplicación	Sistemas de aplicación (e.g. aspersores, torres de refrigeración)	Controlar los sistemas de aplicación, especialmente si se prevén problemas microbiológicos	El aplicador es el responsable. Posiblemente se requiera soporte de la administración o concesionario
	Control de aplicación	Controlar la dispersión del agua regenerada y las matrices donde se aplica	Mecanismos/equipos de control del agua regenerada en el ambiente (e.g. para aerosoles formados).	Definir los contactos posibles con personas o sistemas/ecosistemas sensibles.
O&M DE INSTALACIONES	Ver tablas anteriores			
DOCUMENTACIÓN	Archivo	Documentación de actividades, protocolos, cambios, incidencias, etc.	Implantación de mecanismos adecuados de documentación	El soporte debe ser adecuado y con garantía de conservación (copias de seguridad) frente a accidentes

Tabla 39. Seguimiento del agua

<b>Etapas</b>	<b>Pasos y Sub-pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>Comentarios / Responsabilidades</b>
AGUA REGENERADA / REUTILIZACIÓN	Control de calidad y seguimiento	Control (autocontrol e inspecciones) del agua a aplicar y de los subproductos que se puedan generar durante o después de la reutilización	Establecer protocolos de seguimiento del agua regenerada y de sus subproductos (e.g. aerosoles) una vez aplicada	El aplicador es el responsable. Posiblemente se requiera soporte técnico de la administración o concesionario
MATRICES AMBIENTALES	Seguimiento de matrices ambientales	Seguimiento del agua en las matrices ambientales	Establecer protocolo de seguimiento del agua regenerada en las matrices ambientales posiblemente afectadas	El seguimiento lo deberían realizar las autoridades ambientales
	Seguimiento de productos (trazabilidad)	Seguimiento de productos que han entrado en contacto con el agua y van al mercado (e.g. hortalizas o frutas)	Establecer protocolo de seguimiento de productos en comercialización / distribución y mercados	El seguimiento deberían efectuarlo las administraciones pertinentes (e.g. del agua, de consumo, agricultura, ...)
PROBLEMAS SANITARIOS	Protocolos epidemiológicos y similares	Datos epidemiológicos en relación con la reutilización	Establecer protocolo de seguimiento epidemiológico de aplicaciones con peligros establecidos (gestión de riesgo)	El seguimiento lo deberían realizar las autoridades sanitarias

## Anexo 2

Condiciones generales y particulares de aplicación en los distintos casos de reutilización.  
Criterios de descripción

Se incluyen las descripciones posibles de los pasos previos (vertidos, alcantarillado) y los tratamientos de depuración y regeneración, así como la formación de los trabajadores y otros aspectos relacionados. En este sentido, la Tabla 40 resume los contenidos de las plantillas generales desde el punto inicial de decisión y planificación. Para cada uno de los ítems incluidos debe prepararse una descripción del contenido indicado. A continuación se incluyen plantillas individualizadas con las características más importantes. Es posible que en algunos casos haya repeticiones, necesarias para salvaguardar la unidad de consideración en cada caso.

Tabla 40. Fases en un sistema de aseguramiento de la calidad basado en APPCC

Procedimiento	Incluye	Someter a	Aprobación
<b>ESQUEMA DEL SISTEMA (FASE 1)</b>			
1 1. Descripción del esquema	Desde vertido hasta agua empleada. Aconsejable estudiar impactos reales en el medio	Autoridad Sanitaria Autoridad del Agua (AS, AA)	La legislación española (RD 1620/2007) fija un plazo para el rechazo por silencio administrativo (3 meses)
1 2. Definición del APPCC	Primera fase del programa de evaluación de riesgo		
1 3. Definición de los PMC y los PCC	PCC sanitarios, ambientales, y tecnológicos generales. Definición de los PCC específicos según el tipo de reutilización		
1 4. Preparación del programa de comunicación	Mecanismos de comunicación con los interesados (que deben identificarse como parte de la Fase 1)		
<b>PROGRAMA DEL PRIMER AÑO DE FUNCIONAMIENTO (FASE 2)</b>			
2 5. Definición del programa de muestreo (con los PMC)	Frecuencia y parámetros		
2 6. Definición del programa de autocontrol	Frecuencia, evaluación, comunicación de anomalías, procedimientos estandarizados, validación	AS, AA Autoridad Agrícola (AG)	
2 7. Evaluación de la analítica	Interna, procedimientos de comunicación a las autoridades	AS, AA, AG, Usuarios	
2 8. Definición del programa de control externo	Frecuencia, evaluación, comunicación de anomalías, procedimientos estandarizados, validación	AS, AA, AG, Usuarios	
2 9. Evaluación del control externo	Acciones, Comunicación de anomalías a las autoridades	AS, AA, AG, Usuarios	
2 10. Definición de un programa de gestión del riesgo	En función del análisis de 1.2, y de los resultados obtenidos, propuestas de actuación (feed-back).	Gestores de las instalaciones	
2 11. Evaluación conjunta	Propuesta de reducción de análisis para el año siguiente. Evaluación de los PCC y de la aplicación del análisis de peligros	AS, AA, AG, Usuarios	
2 12. Informe periódico	Preparación del informe del período de funcionamiento	AS, AA, AG, Usuarios, Interesados	
<b>PROGRAMA HABITUAL DE CONTROL (FASE 3)</b>			
3 13. Propuesta de control sucesivo	Según 2.6 Y 2.11	AS, AA, AG	
3 14. Validación del APPCC	Validación de los PCC, PMC, etc	Gestores	
3 15. Informe	Informes de los períodos de funcionamiento. Validación del año	AS, AA, AG	



Tabla 41. Clasificación de las prácticas de riego según su peligrosidad

Tipo de riego	Cultivo	Peligro	Observaciones
Superficial a manta o por surcos	Hortalizas y otros de consumo en crudo	Muy elevado (+++++)	Reducción de riesgo con tiempo entre último riego y puesta en mercado
	Frutas	Reducido (++)	No recoger los frutos caídos
	Cultivos industriales	Prácticamente nulo (0)	Los peligros se pueden centrar en la recogida, si no está mecanizada
Aspersión	Hortalizas y otros de consumo en crudo	Muy elevado (+++++)	Requieren agua de muy buena calidad
	Frutas	Medio (+++)	Según el tipo de aspersores
	Cultivos industriales	Prácticamente nulo (0)	Los peligros se pueden centrar en la recogida, si no está mecanizada
	Césped recreativo, excepto deportes con caídas	Medio (+++)	Peligro asociado a grupos de riesgo que puedan entrar en contacto
	Césped recreativo en deportes con caídas	Elevado (++++)	El césped puede producir cortes en la piel e infecciones posteriores
Localizado en superficie (gota a gota)	Hortalizas y otros de consumo en crudo; excepto raíces y tubérculos	Muy reducido (+)	Deben evitarse los encharcamientos
	Raíces y tubérculos	Elevado (++++)	Contacto probable agua / cultivo
	Frutas	Prácticamente nulo (0)	No recoger las frutas caídas
	Cultivos industriales	Prácticamente nulo (0)	Los peligros se pueden centrar en la recogida, si no está mecanizada
Localizado subterráneo	Cultivos en superficie	Prácticamente nulo (0)	-
	Raíces y tubérculos	Muy elevado (+++++)	Contacto muy probable agua /cultivo
	Cultivos industriales	Prácticamente nulo (0)	-
Exudación	Cultivos en superficie	Prácticamente nulo (0)	-
	Raíces y tubérculos	Muy elevado (+++++)	Contacto muy probable agua /cultivo
Riego en invernaderos A: Aspersión	Hortalizas	Elevado (+++++)	Requieren agua de muy buena calidad. Peligro específico por <i>Legionella</i> para trabajadores si se forman aerosoles
	Plantas ornamentales	Muy reducido (+)	Peligro específico por <i>Legionella</i> para los trabajadores si se forman aerosoles
	Viveros	Muy reducido (+)	
Riego en invernaderos B: mist systems (niebla)	Hortalizas	Muy elevado (+++++)	Peligro específico por <i>Legionella</i> para trabajadores en todos los casos. Todas las plantas pueden contaminarse por aerosoles.
	Plantas ornamentales	Medio (+++)	
	Viveros	Reducido (++)	
Riego en invernaderos C: Gota a gota	Hortalizas	Prácticamente nulo (0) excepto raíces y tubérculos (elevado 4+)	En raíces y tubérculos contacto muy probable agua /cultivo
	Plantas ornamentales	Muy reducido (+)	-
	Viveros	Muy reducido (+)	-
Riego en invernaderos D: Cultivo hidropónico	Hortalizas	Prácticamente nulo (0) excepto raíces y tubérculos (elevado 4+)	En raíces y tubérculos contacto muy probable agua /cultivo
	Plantas ornamentales	Muy reducido (+)	-
	Viveros	Muy reducido (+)	-

Tabla 42. Limitaciones para la reutilización según criterios agronómicos

Matriz/ces limitante/s	Problema	Observaciones	Ejemplo
Planta	Toxicidad para la planta <sup>A</sup>	Elementos potencialmente tóxicos que limitan el desarrollo y no afectan a los consumidores de la planta	Boro para cítricos en concentraciones > 0,5 mg/L; salinidad del agua de riego sin lavado
Planta/cadena trófica	Toxicidad para la planta y la cadena trófica <sup>A</sup>	Elementos potencialmente tóxicos que limitan el desarrollo y afectan a los consumidores de la planta	Metales pesados
Cadena trófica	Toxicidad exclusiva para algún eslabón de la cadena trófica	Elementos potencialmente tóxicos que se acumulan en la planta y que pueden afectar los consumidores (animales u hombre)	Metales pesados
Suelos	Salinidad	La textura y/o la estructura quedan afectadas y se inician procesos de desertización	Cloruros, sodio
Aguas receptoras (superficiales y subterráneas)	Tóxicos <sup>B</sup> para los animales acuáticos o los consumidores del agua	Microcontaminantes orgánicos que superan las barreras de la depuración o del sistema SPAC	Disruptores endocrinos
Aguas receptoras (superficiales y subterráneas)	Patógenos para los animales acuáticos o los consumidores del agua	Organismos patógenos que superan las barreras de depuración o del sistema SPAC	Virus patógenos

A: El elemento tóxico puede acumularse en determinadas partes de la planta (comestibles o no).

B: No depurados o generados en los procesos de depuración (e.g. desinfección por cloro).

Tabla 43. Parámetros de elección y limitantes para los suelos y terrenos

Características del lugar	Valor/característica ideal	Alternativas/comentarios
Permeabilidad del suelo	> 0,5 cm/hora	Con permeabilidades menores aumenta la necesidad de superficie
Pendiente	< 15% en campos de cultivo < 20% en pastos o césped < 40% en zonas de bosque	Se debe controlar la escorrentía. En campos de golf o jardines la pendiente puede ser mayor
Aguas superficiales	Se recomienda no aplicar directamente a zonas húmedas, corrientes o canales protegidos	Se debe controlar la escorrentía.
Zonas inundables	Período de retorno de más de 10 años	Debe haber un método alternativo de eliminación del agua para períodos de inundación
Profundidad del acuífero	Más de 1,5 m de suelo uniforme	El suelo protege al acuífero, dada su gran reactividad habitual
Acceso restringido <sup>a</sup>	Terrenos vallados o de acceso muy difícil	Terrenos agrícolas o forestales, prados o vegas
Acceso no restringido <sup>a</sup>	Parques, campos de golf, césped, medianas de autopista, campos de deporte	Puede darse muy probablemente contacto directo o indirecto con el agua regenerada
Zonas cultivadas o agrícolas <sup>a</sup>	Lugares con cultivos de consumo humano o industriales	Teóricamente solo tienen acceso los trabajadores o propietarios

a: terrenos regados (en todos los casos descritos)

Tabla 44. Distancias de seguridad recomendadas en la aplicación de aguas regeneradas

Instalación	Método de aplicación	Distancia en m.	Observación
Pozos de captación comunitarios de aguas potables	Cualquiera	50	Si no hay protección se debe doblar la distancia
Pozos privados para abastecimiento	Cualquiera	30	Si no hay protección se debe doblar la distancia
Sumideros	Todos excepto localizado	50 (localizado 25 m)	Conectados con acuíferos o aguas subterráneas
Aguas superficiales (ríos, lagos)	Todos	30	Detectar escorrentía
Zonas próximas a Viviendas o patios de viviendas	Aspersión o microaspersión	50	Excepto si hay cortavientos
Vías de comunicación	Aspersión o microaspersión	15	Excepto si hay cortavientos
Límite de propiedad	Cualquiera	10	Excepto si hay cortavientos y no hay escorrentía

Tabla 45. Tipos de recarga de aguas subterráneas y limitaciones

Tipo de recarga	Descripción	Limitación	Observaciones
En superficie, indirecta. Acuíferos de uso potable <sup>a</sup>	Paso por medio poroso homogéneo	Profundidad del medio: 1,5 m mínimo	No es apropiado para zonas de karst o con discontinuidades y/o con mucha pendiente
	Paso por medio fracturado	Aceptación con condiciones	No es aconsejable a no ser que se trate de prácticas de lucha contra la intrusión marina y haya extracción posterior
	Fondo de ríos	Calidad del agua	No debe contener microcontaminantes orgánicos difícilmente degradables
En superficie, indirecta. Acuíferos de uso no potable <sup>a</sup>	Paso por medio poroso homogéneo	Profundidad del medio: 1,5 m mínimo	Se limita el contenido en nitrógeno, y se trata como mínimo de agua desinfectada hasta 1000 ufc de <i>E. coli</i> /100 mL
	Paso por medio fracturado	Aceptación con condiciones	No es aconsejable a no ser que se trate de prácticas de lucha contra la intrusión marina y haya extracción posterior
	Fondo de ríos	Calidad del agua	No debe contener microcontaminantes orgánicos difícilmente degradables
En profundidad, directa. Acuíferos de uso potable <sup>a</sup>	Aplicación con sistemas que entran directamente en contacto con el acuífero	Calidad del agua	Calidad prácticamente potable

a: La legislación no establece distinciones según el uso potable o no.

Tabla 46. Principales técnicas de recarga de aguas subterráneas (modificado de Tuinhof y Heederik, 2003)

Técnica		Descripción
almacenaje, transferencia y recuperación <i>Aquifer storage and recovery</i>	ASR	Inyección del agua en un pozo para almacenaje y recuperación desde el mismo pozo
Almacenaje, transferencia y movimiento en el acuífero <i>Aquifer storage transfer and recovery</i>	ASTR	Inyección del agua en un pozo para almacenaje y recuperación desde un pozo distinto, generalmente para dar un tratamiento adicional
Filtración en ribera <i>Bank filtration</i>		Extracción de agua subterránea desde un pozo o cajón hidráulico cerca o dentro de un río o lago para inducir la infiltración desde la superficie de la masa de agua mejorando y haciendo más constante la calidad del agua recuperada
Filtración en duna <i>Dune filtration</i>		Infiltración del agua desde estanques construidos en dunas y extracción mediante pozos o estanques a menor altura para mejorar la calidad del agua y equilibrar la oferta y la demanda
Infiltración-Percolación	IP	Infiltración y percolación de agua residual parcialmente tratada en formaciones de arena para un tratamiento adicional. Posteriormente el agua puede o no ser recuperada. Puede considerarse variante del SAT
Estanques de infiltración		Estanques construidos normalmente fuera del cauce en los que se hace entrar agua derivada de la corriente y se permite que infiltre (normalmente a través de la zona no saturada) hasta el acuífero no confinado subyacente
Tanques de infiltración		Se usa el término para describir el almacenaje temporal de agua en rieras o ramblas efímeras, en los que el agua se desvía y se infiltra en su base para mejorar el almacenaje en acuíferos no confinados y se extrae valle abajo para riego o abastecimiento a ciudades
Recolección de agua de lluvia		La escorrentía de los techos o zonas impermeables se desvía hacia un pozo o cajón hidráulico relleno de arena o grava y se permite que percole hasta el acuífero desde donde se recupera mediante bombeo en un pozo
Tratamiento suelo/acuífero <i>Soil aquifer treatment</i>	SAT	El agua residual regenerada se hace infiltrar de forma intermitente con estanques de infiltración, de manera que se facilite la eliminación de nutrientes y patógenos cuando pasa por la zona no saturada y se recupera mediante pozos después de un tiempo de residencia en el acuífero.
Tratamiento suelo/planta/acuífero <i>Soil Aquifer Plant Treatment</i>	SAPT	Si se implanta vegetación en los sistemas SAT o similares, hay una mejora adicional de la calidad del agua aplicada debido a la acción de las plantas (por ejemplo mayor eliminación de nutrientes)
Embalses de arena <i>Sand dams</i>		Se construyen en rieras o ramblas de zonas áridas con litología de baja permeabilidad. Retienen sedimentos cuando fluye agua y en sucesivas avenidas se construye el embalse de arena, que crea un "acuífero" que puede ser explotado con pozos en épocas secas
Embalses subterráneos <i>Underground dams</i>		En corrientes efímeras, en las que las elevaciones del basamento restringen los caudales, se construye hasta la base una trinchera cruzando el lecho. Se rellena con material de poca permeabilidad para ayudar a la retención de los flujos de avenida en aluviones saturados. Se usa para el ganado o agricultura
Vertidos para recarga <i>Recharge releases</i>		Embalses en corrientes efímeras, se emplean para detener el agua de avenidas y su uso incluye la liberación lenta del agua al lecho aguas abajo para mejorar la capacidad de infiltración hacia los acuíferos subyacentes, aumentando así significativamente la recarga

Tabla 47. Tipos de uso y limitaciones en la reutilización urbana de aguas regeneradas

Tipo de uso	Limitación	Peligro por	Observaciones
Doméstico (domicilios, edificios privados y públicos)	Nunca para usos potables	Ingestión accidental	Estrictamente controlado (aun más si hay grupos de riesgo presentes: niños, ancianos, inmunodeprimidos, ...)
Jardines privados	Por calidad prácticamente potable	Ingestión accidental, picaduras, contacto con alimentos, etc.	
Cursos de agua en ciudades	Establecer limitaciones de acceso	Baño accidental o bebida por desconocimiento	Debe informarse adecuadamente al público del origen del agua
Riegos urbanos (parques, jardines públicos, medianas, cementerios)	Establecer limitaciones de riego (horario) y acceso a zonas regadas	Contacto con personas	Es especialmente importante controlar los contactos con los grupos de riesgo e informar adecuadamente del origen del agua.
Limpieza de calles	No generar aerosoles. Limitaciones de horario	Contacto con trabajadores y viandantes	Recomendable desinfección adicional. Se requiere formación de los operarios
Gestión del alcantarillado	Contacto directo e indirecto	Operarios	Se requiere formación de los operarios
Paisajismo urbano	Dispersión de patógenos con aerosoles y escorrentía	Contacto con trabajadores y ciudadanos	Debe informarse adecuadamente al público del origen del agua
Campos de deporte	No en deportes con habituales caídas (fútbol, rugby)	Contacto con deportistas	Facilidad de infección de heridas. Informar adecuadamente del origen del agua.
Agua contra incendios	No depósitos abiertos en zonas de acceso fácil	Contacto con bomberos	Debe anunciarse el origen del agua en el lugar del depósito
Limpieza de vehículos públicos	Contacto directo e indirecto	Operarios	Se requiere formación de los operarios

Tabla 48. Tipos de uso y limitaciones en reutilización industrial\* del agua regenerada

Tipo de uso	Limitación	Peligro	Observaciones
Refrigeración	Control <i>Legionella</i>	Contacto con aerosoles	La formación de aerosoles genera riesgos si hay <i>Legionella pneumophilla</i> . Problemas de "fouling", incrustación, corrosión, ...
Limpiezas	Únicamente de suelos o equipos no asociados a consumo	Contacto / contaminación del producto final	No deben limpiarse equipos en contacto con el producto final
Sustitución de agua de servicios	Uso en aquellos servicios que no requieran agua de calidad	Contaminación cruzada con agua de abastecimiento	La implementación de sistemas duales de distribución de agua puede ser cara
Arrastre de materiales en industria y minería	Afectación de masas de agua naturales (ríos, lagos, mar, acuíferos...)	Contacto o ingestión accidental por los trabajadores	Debe existir un sistema de tratamiento del agua usada. Con determinados materiales pueden generarse pH muy ácidos
Construcción ligera	Dispersión del agua empleada	Contacto o ingestión accidental por los trabajadores	Puede usarse para limitar la formación de polvo
Construcción pesada (Obra Pública)	Dispersión del agua empleada	Contacto o ingestión accidental por los trabajadores	Puede usarse para limitar la formación de polvo

\* El uso en industria alimentaria está prohibido parcialmente por el R.D. 1620/2007

Tabla 49. Tipos de uso y limitaciones en la reutilización para generación de biomasa

Tipo de uso	Limitación	Peligro	Observaciones
Acuicultura (peces)	Antes de ser comercializados deben vivir un tiempo en agua limpia	Acumulación de patógenos	Existen recomendaciones específicas de la OMS
Acuicultura (moluscos)	No se permite si son filtradores	Acumulación de patógenos	Legislación española
Ganadería convencional	Calidad del agua de bebida equivalente a potable	Transmisión de enfermedades	Especialmente teniasis y giardiasis; el ganado actúa como reservorio de determinadas enfermedades
Biomasa Vegetal (BV) - madera	Fitotoxicidad (rara)	Biota en el ecosistema	No se observa deterioro en la calidad de la madera
BV - pasto	Contenido en patógenos y tóxicos	Transmisión de enfermedades	Debe dejarse un tiempo después del último riego: 1 semana. Deben controlarse los metales pesados
BV- forraje	Contenido en patógenos y tóxicos	Reducido si se procesa adecuadamente	Deben controlarse los metales pesados
BV - soporte para compostaje	No hay	Prácticamente nulo	Protección de los operarios si se tritura
BV - producción de biocombustibles (biofuel)	No hay	Prácticamente nulo	Protección de los operarios si se tritura
BV - producción de algas o macrófitos	Contenido en tóxicos para algas	Prácticamente nulo, excepto en consumo animal	Deben hacerse controles si las algas van a usarse para componentes alimentarios y las algas o macrófitos para piensos

Tabla 50. Tipos de uso y limitaciones en la reutilización para usos de recreo y ambientales

Tipo de uso	Limitación	Peligro	Observaciones
Lagos y estanques	Acceso del público, presencia de especies protegidas	Presencia de patógenos y vectores	Tiempos de retención hidráulica largos. Principalmente procesos aerobios y sedimentación
Marismas y zonas húmedas	Acceso del público, presencia de especies protegidas	Presencia de patógenos y vectores	Tiempos de retención hidráulica muy largos. Procesos anaerobios presentes. Botulismo en animales salvajes si no se gestiona correctamente
Aguas corrientes	Acceso del público, presencia de especies protegidas	Presencia de patógenos y vectores	Tiempo de retención hidráulica corto. Procesos de autodepuración importantes con oxigenación
Recuperación de otros sistemas naturales	Acceso del público, presencia de especies protegidas, recolección de productos naturales (setas, bayas...)	Presencia de patógenos y vectores	Debe advertirse que no se permite la recogida de productos naturales
Nieve artificial	Producción en horas en que las instalaciones estén cerradas	Contacto con usuarios en fabricación, uso y mantenimiento	No se puede "innivar" al público
Balsas de reserva de agua (contra incendios)	No hay. Debe prohibirse el acceso	Si el acceso es fácil, contacto con personas	Pueden ser colonizadas rápidamente por animales salvajes. Debe mantenerse la vegetación acuática controlada.

Tabla 51. Criterios de descripción en reutilización de aguas regeneradas

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Aguas de abastecimiento	Informes de calidad del agua que se emplea	Es especialmente importante para definir el contenido de sales y de contaminantes que no quedan afectados por los procesos de depuración
2. Usos	Hay que definir todos los usos del agua, además de los domésticos	Es especialmente importante si hay instalaciones peligrosas, que puedan aumentar el riesgo (e.g. hospitales) o introducir compuestos dañinos para la depuración (e.g. grasas)
3. Alcantarillado y colectores	Tipo de alcantarillado y modificaciones que el agua puede sufrir en él	Unitarios, separativos, almacenaje temporal, sistemas de by-pass, tiempo de residencia hidráulico, variaciones estacionales, conexiones con el mar u otras masas de agua, etc
4. Control de vertidos	Descripción y control de los vertidos problemáticos. Mecanismos de gestión de accidentes	Esencialmente se trata de hospitales, mataderos, industrias con vertidos tóxicos, vertidos accidentales, etc
5. Transporte a la depuradora	Mecanismos y tiempo de residencia hidráulico	Es especialmente importante en instalaciones gestionadas por particulares fuera de las depuradoras "institucionales". También en depuradoras con estacionalidad muy marcada
6. Tratamientos de depuración	Descripción de la planta de depuración de aguas residuales	Proporcionan la materia prima para la regeneración. Debe estudiarse su rendimiento y fiabilidad
7. Conexión depuradora/instalación de regeneración	Mecanismos de transferencia del agua en el caso de que depuración y regeneración no estén situadas en la misma instalación	Los sistemas de transferencia son reactores en los que puede modificarse la calidad del agua de forma importante
8. Tratamientos de regeneración	Descripción de la planta de regeneración de aguas residuales	Procesos de tratamiento avanzado y desinfección. Debe estudiarse su fiabilidad y los mecanismos de alarma
9. Sistemas de distribución*	En alta y en baja (ver 7)	También puede modificarse la calidad debido a la distancia y a los tiempos en que no circula agua
10. Sistemas de almacenaje*	Descripción del sistema, variaciones de calidad, gestión y mezcla con otras aguas	Pueden existir o no. Es importante establecer si su gestión es del sistema o son particulares. Pueden afectar la calidad (de forma positiva o negativa). Requieren una gestión específica
11. Reutilización interna en el sistema de depuración/regeneración	Descripción de los sistemas de tratamiento para usos internos del agua y de los métodos de uso	Se emplea agua tratada para riego, tratamiento y gestión de fangos, etc. en el interior de la depuradora
12. Métodos de aplicación/uso del agua regenerada	Descripción detallada del método de aplicación	Suele ser función del uso específico al que va destinada el agua
13. Controles posteriores al uso del agua regenerada	Descripción de los controles asociados al uso en el producto en contacto con el agua y en los medios que pueden estar afectados	Debe incluir todas las posibles matrices afectadas de forma importante (puede definirse como un estudio de impacto ambiental de la práctica)
14. Salud de los trabajadores	Métodos de protección y detección de enfermedades. Debe incluir estudio de los mecanismos de formación del trabajador	Higiene en el trabajo Deben notificarse enfermedades y bajas laborales

\* Pueden encontrarse en orden inverso o en diferentes puntos de la línea



Tabla 51a. Aguas de abastecimiento y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Origen/es del agua	Descripción de la/s fuente/s	Indicar si se trata de una única fuente o existen varias, con calidades apreciablemente diferentes
Calidad y su variabilidad	Calidad y su constancia. Variabilidad estacional (asociada a los orígenes)	Dependiendo de los usos del agua regenerada, es importante definir muy especialmente determinados parámetros (e.g. salinidad)
Probabilidad de sequías	En función de las series históricas y del aumento del consumo, definir las probabilidades de que haya sequías	Si hay sequías recurrentes suele ser más fácil implantar la reutilización
Previsión de desarrollo de nuevas fuentes	Prospectiva en diversas fechas futuras (e.g. 10 y 25 años)	Se debe tener acceso a la planificación
Compañía/s de suministro	Indicación de proveedores de agua en alta y en baja	Relación con la calidad
Sistemas de potabilización	Descripción, reactivos,	Los reactivos pueden generar subproductos tóxicos, especialmente en la desinfección

Tabla 51b. Usos del agua y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Definición de usos	Especificación de usos en la cuenca	Son interesantes los usos no consuntivos (generan agua reutilizable)
Porcentajes/caudales de usos consuntivos/ no consuntivos	Definen el caudal recuperable para su regeneración	El agua de lluvia captada puede reutilizarse previo tratamiento adecuado
Usos especialmente conflictivos para reutilización posterior	Hospitales (especialmente de infecciosos), industrias con vertidos problemáticos para la reutilización (e.g. boro), etc.	Favorecen la entrada de compuestos tóxicos, organismos infecciosos, sales, etc. La reutilización puede estar prohibida
Arrastre de productos utilizados en las viviendas	Medicamentos, reactivos domésticos, excipientes, etc.	Algunos son difícilmente depurables con métodos convencionales

Tabla 51c. Alcantarillado y colectores, y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Dimensionamiento / Diseño	Características de tamaño, pendiente, etc.	En función de los caudales que debe recibir y de si es unitario o separativo
Materiales	Definición, resistencia,	Pueden producirse reacciones con el agua y los materiales arrastrados
Tipos	Unitario, separativo, con depósitos pluviales	Relación estrecha con el diseño y dimensionamiento
Criterios de vertido	Normativa específica	Se fija lo que puede o no verse (incluyendo temperatura, componentes físicos y químicos, etc.). Ver tabla siguiente 2.18d
Vertidos atípicos	Vertidos que diluyan el agua residual, aumenten su temperatura, etc.	Bombeos de instalaciones subterráneas, construcciones, térmicas, etc., que aporten agua no contaminada al sistema
Tiempo de residencia hidráulico	Influye en los procesos en el sistema	Especialmente importante en sistemas con mucha estacionalidad. Pueden iniciarse procesos de fermentación
Sistemas de by-pass	Descripción de estos sistemas y de sus puntos de vertido	Pueden afectar la calidad de los sistemas naturales de agua
Entradas parásitas	Posibles entradas de aguas extrañas: marinas, potables, del acuífero, etc.	Crea problemas de dilución y aumento de salinidad
Pérdidas	Reduce la cantidad de agua disponible para la reutilización	Puede afectar los sistemas naturales de agua

Tabla 51d. Control de vertidos y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Vertidos industriales	Suelen arrastrar contaminantes específicos de la actividad, aportar temperatura (limitada legalmente) o agua de dilución y limpiezas al igual que pluviales. También se puede encontrar agua de regeneración de resinas y salmueras. Pueden incluirse aquí los vertidos de mataderos públicos o privados, mercados, etc.	En las grandes ciudades (pocas) suele haber mecanismos adecuados para controlarlos. En otros casos deben establecerse los mecanismos pertinentes
Vertidos hospitalarios asimilables	Aguas contaminadas por microorganismos patógenos, reactivos, medicamentos, etc.	Debería exigirse un tratamiento previo en el mismo centro de generación
Instalaciones problemáticas por calidad o cantidad (aparte de las anteriores)	Aguas procedentes de bombeos en instalaciones inundables (ferrocarriles metropolitanos, grandes edificios, aparcamientos subterráneos, etc.), en instalaciones con grandes consumos de agua puntuales (piscinas, estanques ornamentales) o habituales (térmicas) o en obras públicas o privadas (construcción de infraestructuras, edificios, etc.)	Debería existir un protocolo de vertido, limitando caudales o instalar redes paralelas de eliminación o aprovechamiento. Ocasionalmente hay que pagar para su depuración si se vierten al alcantarillado
Aguas procedentes de accidentes en los sistemas de conducción de agua	Arrastres de materiales, posible contaminación con aguas fecales...	Suelen generarse socavones que agravan el accidente
Colas de riego y similares	Aguas procedentes de riegos en exceso. Suelen estar contaminadas por sales, plaguicidas, nutrientes, etc.	Proceden de parques y jardines públicos y privados
Aguas residuales de usos urbanos no domésticos Escorrentía por lluvia	Aguas procedentes de baldeo de calles, limpieza de alcantarillado, uso en construcciones, etc.	Pueden arrastrar una cantidad importante de contaminantes (excretas de animales urbanos, polvo, pesticidas e insecticidas, gasolina, etc.)
Mecanismos de gestión en caso de accidente o circunstancias no habituales	Actuaciones a llevar a cabo en incidentes o accidentes y en caso de tormenta o fallos en el suministro de energía	Deben estar indicados en lugares adecuados y accesibles

Tabla 51e. Sistemas de transporte hacia la depuradora (colectores), y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Definir los mecanismos de transferencia de agua	Sistemas de bombeo o por gravedad	Debe explicitarse qué mecanismos se emplean para contrarrestar los problemas derivados de tiempos excesivos de residencia (estacionalmente)
Tiempos de residencia hidráulicos	Tiempo medio de permanencia del agua en el sistema. Es posible que deban definirse estacionalmente	Relación importante con los bombeos, especialmente en redes poco utilizadas durante parte del año
Biopelícula en las conducciones	Desarrollos de biopelícula	Cambios en la calidad del agua
Oxigenación en las conducciones	Influyen el desarrollo de la biopelícula y en las posibles reacciones químicas	Cambios en la calidad del agua
Mecanismos de gestión en caso de accidente o circunstancias no habituales	Actuaciones a llevar a cabo en incidentes o accidentes y en caso de tormenta o fallos en el suministro de energía	Deben estar indicadas en lugares adecuados y accesibles

Tabla 51f. Tratamientos de depuración y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Definición de la mejor tecnología disponible (MTD) de depuración, uso de sistemas de soporte a la decisión (SSD)	Definir los procesos teóricos de depuración y la calidad de agua que se debe alcanzar	Se trata de la materia prima para la regeneración. Debe considerarse el principio de cautela de la UE
Depuración secundaria	Métodos para conseguir la calidad marcada por la legislación	Debería definirse la fiabilidad del sistema si se procede a la reutilización posterior
Eliminación de nutrientes	Métodos para conseguir la calidad marcada por la legislación. Pueden no ser necesarios para reutilización agrícola o en suelos	Puede estar marcada por la legislación si hay vertido a zonas sensibles o se quieren evitar procesos eutróficos
Procesos de comunicación	Procesos para cumplir la política de la UE	Requiere una preparación específica

Tabla 51g. Conexión depuradora/instalación de regeneración y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Definir la situación de las instalaciones de depuración y regeneración	Localización física relativa de las instalaciones	Debe incluir alturas relativas y necesidad de energía
Método de transporte del agua	Sistemas de transferencia del agua	Bombeos, gravedad
Control de caudales transferidos	Métodos de control de caudal	Deben ser fiables y precisos
Control de caudales no transferidos	Definir el sistema	Almacenaje, by-pass, vertido a masas de agua
Costes	Definición de los costes	Debe indicarse quién paga el coste de este transporte

Tabla 51h. Tratamientos de regeneración y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Definición de la mejor tecnología disponible (MTD) de regeneración, uso de sistemas de soporte a la decisión (SSD)	Definir los procesos teóricos de regeneración y la calidad de agua que se debe alcanzar en función del uso final	Se trata de la materia prima para la reutilización. Debe incluir los aspectos sociales y económicos en relación con el lugar de uso. Debe considerarse el principio de cautela de la UE
Pretratamientos para la desinfección	Método para conseguir la calidad adecuada para una desinfección posterior eficiente	Es especialmente importante para determinados equipos (e.g. sólidos y UV)
Desinfección	Método para conseguir una desinfección adecuada	Debe tener en cuenta los procesos de recrecimiento y contaminación cruzada posteriores así como la formación de subproductos y la reviviscencia
Eliminación completa de nutrientes	Método para conseguir la eliminación (o transformación adecuada) de nutrientes	En función de determinados usos, normalmente relacionados con las masas de agua estancadas o con peligro de eutrofización
Procesos de eliminación de contaminantes específicos	Métodos de eliminación específicos según los usos posteriores e.g. eliminación de boro	Puede ser extremadamente caro. Se suele recomendar control de vertidos y/o cambio de procesos previos de tratamiento
Eliminación de color y olor	Métodos de eliminación específicos	Pueden condicionar la aceptación de los usuarios

Tabla 51i. Sistemas de distribución del agua regenerada y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Sistema de distribución	Definición del sistema de distribución y mantenimiento de la presión en el abastecimiento con agua regenerada	Debe diseñarse en función de los usos y la temporalidad de uso previstos; y debe ser modificable sin dificultades insalvables
Tiempo de residencia hidráulico (TRH)	Cálculo del TRH en función del uso, estacionalidad, mantenimiento preventivo, etc.	Debe garantizarse que no permanece agua estática en el sistema durante tiempos muy largos
Sistemas de control de los equipos	Control de presión, formación de biopelículas, pérdidas, etc.	Debe diseñarse un sistema adecuado de control
Gestión	Definición de la gestión en función del uso (temporal, continuo ...)	Debe haber un equipo humano específico o se debe subcontratar la gestión
Mantenimiento de la calidad	Variaciones de calidad dentro del "reactor" de distribución	Se requiere definir parámetros que permitan el control con un gasto adecuado o en su defecto un sistema de mantenimiento periódico
Procesos en el sistema de distribución	Formación de biopelículas (factible la aplicación de la detección de quorum sensing). Procesos de corrosión e incrustación	Se modifica la flora bacteriana y de otro tipo. Puede haber pérdidas o reducirse la luz de las tuberías

Tabla 51j. Sistemas de almacenaje del agua regenerada y su relación con la reutilización

Ítem	Contenido	Observaciones
Descripción física del sistema	Profundidad, superficie, bermas y otras características relevantes	Contribuyen a la modificación de la calidad del agua almacenada
Clima asociado	Características climáticas de la zona (precipitaciones, insolación, temperaturas ...)	Modifica la calidad del agua en función del desarrollo de organismos
Tiempo de residencia hidráulico (TRH)	Tiempo máximo, medio y mínimo de estancia del agua en el sistema	Modifica la calidad del agua en función del TRH, de la política de desembalse y de las aportaciones durante éste
Desembalse	Planificación (si existe) del desembalse en sistemas con volúmenes relativamente importantes	Es importante establecer los modelos de mezcla del agua aportada durante el vaciado y la calidad resultante

Tabla 51k. Reutilización interna en el sistema de depuración/regeneración

Ítem	Contenido	Observaciones
Regeneración	Procesos empleados	
Usos internos de la instalación	Uso del agua regenerada para procesos internos	Riego, procesado de fangos, lavado de equipos, preparación de reactivos...
Equipos específicos de tratamiento	Pretratamientos, desinfección	Descripción de los equipos
Almacenaje interno	Las demandas puntuales elevadas pueden requerir sistemas de almacenaje	Especialmente si los sistemas de regeneración son pequeños
Uso	Definición de los métodos de uso	Es importante minimizar el contacto con los trabajadores

Tabla 51l. Métodos de aplicación

Ítem	Contenido	Observaciones
Sistema de aplicación	Descripción detallada	Tiene especial importancia en las posibilidades de contacto y transmisión de patógenos, así como en la dispersión de contaminantes químicos
Operación y mantenimiento del sistema	Descripción de las operaciones	Suele requerirse limpieza periódica, desinfección y en el caso de vegetación asociada gestión de las raíces que pueden entrar en el sistema de riego
Contactos con el público y el medio	Procesos de limitación de las posibilidades de contacto	Cortavientos, buenas prácticas, etc.
Control	Métodos de control de la estanqueidad del sistema, de la presión y de la homogeneidad en riego, por ejemplo	Suele ser importante para disminuir el riesgo asociado a los procesos de reutilización

Tabla 51m. Controles a posteriori

Ítem	Contenido	Observaciones
Dispersión del agua aplicada	Descripción de los posibles procesos de dispersión del agua regenerada	Dinámica de contaminantes, transferencia entre medios, etc.
Control de las posibles personas afectadas por contacto directo e indirecto	Seguimiento epidemiológico de la zona de aplicación	Contactos con CAP, hospitales, autoridades sanitarias, etc.
Control del ganado y vegetales cultivados	Seguimientos del ganado y de los cultivos	Contactos con ganaderos, consumidores, etc. Trazabilidad de productos
Matrices ambientales afectadas	Indicación de las matrices con las que puede haber entrado en contacto el agua regenerada	Es especialmente importante determinar si las matrices que no son objetivo han entrado en contacto con el agua regenerada

Tabla 51n. Salud de los trabajadores<sup>a</sup>

Ítem	Contenido	Observaciones
Procesos de formación	Cursos, seminarios, indicaciones sobre soporte físico	Deben impartirse periódicamente cursos de refresco. Implantar carnet de manipulador
Procesos de higiene y salud en el trabajo aplicados	Medidas de protección, descripción de los procesos adoptados, etc.	Revisiones médicas, lavado de ropa, ...
Epidemiología de los trabajadores y personal relacionado con ellos	Definición de los protocolos de detección de enfermedades	Son importantes los seguimientos de contactos directos e indirectos
Estudios epidemiológicos	Documentación sobre las enfermedades de los trabajadores y personal asociado a los sistemas de saneamiento	Debe aplicarse por lo menos a los trabajadores del sistema de regeneración y a los usuarios controlables

<sup>a</sup> Aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Formación específica por la empresa o por la empresa colaboradora.

### Casos específicos

Tabla 52. Usos residenciales interiores del agua regenerada, en domicilios y equivalentes (habitaciones de hotel y similares, grandes centros comerciales, etc.)

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Red externa de distribución (hasta entrada al domicilio o equivalente)	Definir las características de la conexión. Requiere una red dual perfectamente separada y sin posibilidad de retrocesos del agua	Es importante que el usuario final no pueda acceder a la conexión y menos modificarla o manipularla
2. Red interna de distribución	Debe estar perfectamente separada de la red de agua potable y debe ser imposible que se lleven a cabo contaminaciones cruzadas	Es importante que el usuario final no pueda modificar el sistema interno de distribución
3. Usos internos	Deben definirse con total precisión los usos autorizados	Es importante que se evite la dispersión incontrolada del agua en las viviendas
4. Métodos de uso	Deben definirse con total precisión los métodos de aplicación/uso del agua regenerada	Los permisos se entienden otorgados legalmente para un único uso y un único lugar
5. Inspecciones del sistema	Autocontroles (controles del operador) y controles externos	Controles de visu periódicos, así como de presiones, olores, etc.
6. Controles analíticos	Autocontroles y controles externos	Fijados por la legislación y la concesión
7. Material	El material debe ser diferenciable a simple vista y no poderse conectar con componentes del sistema "normal" de distribución de la vivienda	En ningún caso puede haber retornos a la red normal desde la red de agua regenerada
8. Contrato	Deben especificarse las condiciones de servicio	Debe incluir qué sucede si se interrumpe el servicio de agua regenerada
9. Formación de los instaladores y de los usuarios	Los instaladores requieren permisos y formación específicos. Los usuarios deben estar de acuerdo con el servicio que reciben	Deben indicarse las características del agua servida para conocimiento de los usuarios

Tabla 53. Usos residenciales exteriores del agua regenerada (jardines y parques privados, láminas de agua...)

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Red de distribución (entrada)	Definir las características de la conexión. Requiere una red dual perfectamente separada y sin posibilidad de retrocesos del agua	Es importante que el usuario final no pueda acceder a la conexión ni modificar el sistema interno de distribución
2. Red interna (del usuario) de distribución	El material debe ser diferenciable a simple vista y no poderse conectar con componentes del sistema "normal" de distribución	En ningún caso puede haber retornos a la red normal desde la red de agua regenerada
3. Riego de jardines con sistemas localizados enterrados	Diseño específico para minimizar el riesgo e impedir el acceso del usuario	Las exigencias de calidad pueden ser reducidas, ya que el contacto es mucho menos probable
4. Riego de jardines en superficie <sup>a</sup>	Diseños específicos, con aspersores que no formen aerosoles, riego nocturno, etc.	Las exigencias de calidad deben ser máximas, ya que el agua puede ser empleada para duchas incontroladas, puede ser manipulada por los niños, etc.
5. Láminas de agua ornamentales de uso privado <sup>a</sup>	Diseño específico para minimizar el riesgo por parte del usuario (acceso difícil, máxima desinfección, etc.)	Las exigencias de calidad deben ser máximas, ya que el agua puede ser empleada para baños, puede ser manipulada por los niños, etc.
6. Métodos de uso	Deben definirse con total precisión los métodos de aplicación/uso del agua regenerada	Los permisos se entienden otorgados legalmente para un único uso y un único lugar
7. Inspecciones del sistema	Autocontroles (controles del operador) y controles externos	Controles de visu periódicos, así como de presiones, olores, etc.
8. Controles analíticos	Autocontroles y controles externos	Fijados por la legislación y la concesión
9. Material	El material debe ser diferenciable a simple vista y no poderse conectar con componentes del sistema "normal" de distribución de la vivienda	En ningún caso puede haber retornos a la red normal desde la red de agua regenerada
10. Formación de los instaladores	Los instaladores requieren permisos y formación específicos. Los usuarios deben estar de acuerdo con el servicio que reciben	Ver plantilla 2.18n. Deben indicarse las características del agua servida para conocimiento de los usuarios

a: en principio no son usos aconsejables.

Tabla 54. Regeneración de aguas regeneradas en servicios urbanos

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (camiones cuba, gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos). Los transportes en camión cuba requieren una reglamentación específica
2. Sistema de almacenaje	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
3. Sistemas de distribución fijos	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) y de su gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistemas de distribución móviles	Descripción del material (camiones cuba, remolques, etc.) y de los procedimientos de su limpieza	Deben ser exclusivos para el transporte de agua regenerada (o de calidad similar; e.g. agua recuperada del freático para los mismos usos)
5. Sistema/s de aplicación	Tipos de aplicación (manguera, sistemas automatizados, cubas con sistemas de presión, ...) y tiempo (día, noche, fin de semana, ...) de aplicación	Influye en el riesgo asociado a la reutilización (contacto con las personas y mobiliario urbano)
6. Definición del área de empleo	Definición física de los lugares en que se va a emplear el agua	Los permisos se conceden asociados a un lugar específico y a un uso determinado
7. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
9. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados (de transporte o distribución, etc.)	Diversos parámetros como el tiempo de estancia del agua en las cubas, períodos entre limpiezas, formación de biopelículas en las conducciones, etc.
10. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica. Pueden haber lugares en que no sea procedente (por ejemplo en el punto de aplicación en alcantarillas)
11. Control y gestión de las matrices donde se aplica el agua y las relacionadas.	Estudiar las matrices relacionadas (donde se aplica o donde puede ir a parar el agua regenerada)	Puede darse escorrentía en calles, dispersión de aerosoles, etc.
13. Circunstancias específicas	Se definen determinadas circunstancias que puedan afectar el riesgo	Averías en la red de distribución, escapes en mangueras, ...
14. Posible afección a personas	Debe estudiarse la posibilidad de contacto/ingestión por parte de la población	Especialmente importante si hay grupos de riesgo relacionados con la práctica directa o indirectamente (hospitales, paseantes, motoristas, etc.)

Tabla 55. Utilización de aguas regeneradas en riego agrícola al aire libre

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje público	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) y de su gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistema de almacenaje privado	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
5. Sistema/s de aplicación	Tipos de riego (superficial, localizado, aspersión, exudación ...)	Influye en el riesgo asociado a la reutilización (contacto con el vegetal regado)
6. Definición del área de riego	Definición física del polígono de riego	Los permisos se conceden asociados a una extensión perfectamente determinada y fijada
7. Definición de los cultivos regados	Tipos de vegetales que se pueden regar con el agua	Los permisos se conceden asociados a unos cultivos definidos
8. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
9. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados (de riego, distribución, etc.)	Por ejemplo, los aspersores pueden obturarse o crearse biopelículas internas que reducen el caudal transportable
10. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica. Si hay desinfección, controlar las modificaciones en los contajes (e.g. cálculo de $c \times t$ )
11. Control y gestión de las matrices donde se aplica el agua y las relacionadas.	Estudiar las matrices relacionadas (donde se aplica o donde puede ir a parar el agua regenerada). Es importante definir el tiempo transcurrido desde el último riego hasta que se recoge la cosecha	Puede darse escorrentía, dispersión de aerosoles, etc. Limitar/evitar las pérdidas desde los campos donde se aplica agua
12. Control de los productos regados	Se debe estudiar el proceso de comercialización y consumo	Puede asociarse a una barrera adicional (por ejemplo, si se lava el vegetal cultivado con agua de buena calidad)
13. Circunstancias específicas	Se definen determinadas circunstancias que puedan afectar el riesgo	Por ejemplo, cultivo bajo plástico sobre el suelo
14. Posible afección a personas	Debe estudiarse la posibilidad de contacto/ingestión por parte de la población	En especial si hay grupos de riesgo relacionados con la práctica directa o indirectamente (hospitales, paseantes, etc.)

Tabla 56. Utilización de aguas regeneradas en riego de invernaderos

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) y de su gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistema/s de aplicación	Aplicación del agua (con flujo continuo o sin él, niebla, localizado, subterráneo, aspersión, exudación...)	Influye en el riesgo asociado a la reutilización (contacto con el vegetal regado, contacto con el personal, etc.). Merece atención especial el peligro asociado a <i>Legionella spp</i>
5. Definición de los cultivos regados	Tipos de vegetales que se pueden regar con el agua	Los permisos se conceden asociados a unos cultivos definidos
6. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
7. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados (de riego, distribución, etc.)	E.g. los aspersores o goteros pueden obturarse
8. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para la calidad microbiológica
11. Control y gestión de la atmósfera interior, escorrentías u otros puntos donde puede ir a parar el agua	Estudiar las matrices interiores y las relacionadas (donde se aplica o donde puede ir a parar el agua regenerada)	Puede darse escorrentía, dispersión de aerosoles, etc
12. Control de los productos regados	Se debe estudiar el proceso de comercialización y consumo	Puede asociarse a una barrera adicional (por ejemplo, si se lava el vegetal cultivado con agua de buena calidad)
14. Posible afección a personas	Debe estudiarse la posibilidad de contacto/ingestión por los trabajadores	Se requiere una formación muy específica de los trabajadores y otros empleados de las explotaciones

Tabla 57. Utilización de aguas regeneradas en riego de pastos<sup>a</sup> y forrajes<sup>b</sup>

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje público	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.), además de gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc
4. Sistema de almacenaje privado	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la mezcla con otras aguas
5. Sistema/s de aplicación	Tipos de riego (a manta, surcos, superficial, localizado, aspersion, exudación, ...)	Influye en el riesgo asociado a la reutilización (contacto con el vegetal regado y con el animal, si pasta en el campo)
6. Definición del área de riego	Definición física del polígono de riego	Los permisos se conceden asociados a una extensión perfectamente determinada y fijada
7. Definición de los cultivos regados	Tipos de vegetales, para pasto o forraje, que se pueden regar con el agua regenerada	Los permisos se conceden asociados a unos cultivos definidos
8. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
9. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados (de riego, distribución, etc.)	Por ejemplo, los aspersores o goteros pueden obturarse o los programadores pueden tener errores
10. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica o en problemas de toxicidad para las plantas (boro, metales pesados). Los tóxicos pueden entrar en la cadena trófica
11. Control y gestión de las matrices donde se aplica el agua y las relacionadas	Estudiar las matrices relacionadas (donde se aplica o donde puede ir a parar el agua regenerada)	Puede darse escorrentía, dispersión de aerosoles, etc.; o bioacumulación y biomagnificación de contaminantes químicos
12. Control de los productos regados	Se debe estudiar el proceso de consumo, transformación y/o comercialización	El ensilado puede cambiar las características, así como la composición final del pienso suministrado
13. Circunstancias específicas	Se definen determinadas circunstancias que puedan afectar el riesgo	Puede asociarse a una barrera adicional (por ejemplo, si se lava el vegetal cultivado con agua de buena calidad) se deja un tiempo sin regar antes de la cosecha o de que el animal pade en el campo o se recoge mecánicamente

a: hierba que el ganado pade en el mismo terreno donde se cría.

b: verde que se da al ganado, especialmente en la primavera; pasto seco conservado para la alimentación del ganado, y también los cereales destinados a igual uso.

Tabla 58. Condiciones específicas de la utilización de aguas regeneradas en campos de golf

Uso del agua regenerada	Condicionantes	Observaciones
Riego de césped en calles	NO se debe regar mientras haya jugadores en el campo	Debe controlarse la cantidad de materia orgánica y fertilizantes contenidos en el agua
Riego de greens	NO se debe regar mientras haya jugadores en el campo	Debe controlarse la cantidad de materia orgánica y fertilizantes contenidos en el agua. La programación de riego puede favorecer el crecimiento de <i>Poa annua</i> : se requieren prácticas adecuadas de gestión
Fertirrigación	Limitado el aporte total de nitrógeno y fósforo; muy importante si hay escorrentía hacia los lagos del campo	Se deben corregir los desequilibrios habituales (especialmente potasio)
Riego de jardines asociados al campo	Jardines privados, jardines accesorios y campos de juego	Zonas que no son de juego: controlar escorrentías hasta piscinas, advertir del sistema de riego
Otros riegos (jardines, parterres, árboles ...)	Debe prestarse atención al impacto del agua en determinadas plantas (especialmente por salinidad)	Si es posible se recomienda el uso de sistemas de riego localizado
Riego en general en el campo	Protección específica de las fuentes de agua de bebida y de los lugares de consumo de alimentos y bebidas	Debe evitarse el consumo de agua regenerada asociado a las instalaciones de bebida o alimentación
Usos internos (casa club)	Ver usos urbanos domésticos	Asimilar a domésticos
Control de polvo en caminos o zonas sin hierba	Aplicar cuando no haya jugadores en el campo o circulación	Vigilar escorrentía
Compostaje	Atención a la formación de aerosoles, lixiviados y escorrentía	Se puede compostar la hierba y otros residuos de poda o siega
Láminas de agua estancadas	Señalar que es agua regenerada y se prohíbe el baño. Atención a salud de peces, aves y otros animales relacionados	Debe indicarse la posibilidad o no de recuperar las bolas caídas en el agua que se emplea como obstáculo para el juego
Agua circulante	Señalar que es agua regenerada	

Tabla 59. Reutilización de aguas regeneradas en campos de golf

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos muy cortos)
2. Sistema de almacenaje privado	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) y de su gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistema/s de aplicación	Tipos de riego (localizado, aspersión, exudación ...)	Influye en el riesgo asociado a la reutilización (contacto con el vegetal regado)
5. Definición del área de riego	Definición física de los lugares de riego	Los permisos se conceden asociados a una extensión perfectamente determinada y fijada. No se permite el riego en horas en que haya jugadores ni en las vías de comunicación adyacentes. Debe controlarse que el agua no llegue inadvertidamente a los jardines privados asociados ni a las viviendas próximas
6. Definición de los vegetales regados	Tipos de vegetales que se pueden regar con el agua, aparte del césped de juego	Los permisos se conceden asociados a unos vegetales definidos. En este caso, el uso parece ser general: riego del campo
7. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
8. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados (riego, distribución, etc.)	Por ejemplo, los aspersores o los goteros pueden obturarse o desplazarse, con lo que cambia la superficie de riego. Es importante la homogeneidad de riego tanto desde el punto de vista del crecimiento del césped como de la limitación de pérdidas de agua al exterior
9. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para la calidad microbiológica y alguna toxicidad específica
10. Control y gestión de las matrices donde se aplica el agua y las relacionadas	Estudiar las matrices relacionadas (donde se aplica o donde puede ir a parar el agua regenerada)	Puede darse escorrentía, dispersión de aerosoles, etc. Es especialmente importante controlar la permeabilidad y evitar la formación de charcos sobre el césped
11. Posible afección a personas	Posibilidad de contacto/ingestión por parte de los jugadores y acompañantes	Se deben estudiar acciones de formación de los jugadores. En todo caso, debe advertirse claramente el tipo de agua que se utiliza

Tabla 60. Reutilización de aguas regeneradas en usos industriales

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje público	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
3. Sistema de almacenaje privado	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezcla con otras aguas
4. Sistema/s de uso	Método de reutilización, definiendo cómo puede contactar el agua con los trabajadores u otras personas	Los permisos se conceden para un método de uso determinado
5. Definición de la zona de uso	Debe circunscribirse el área de uso y colocar las señales adecuadas para información. Debe evitarse la escorrentía	En obra pública el agua puede entrar en contacto con el público en forma de aerosol, por escorrentía, etc. En procesos industriales debe garantizarse que el producto final no ha entrado en contacto con el agua
7. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación, si el uso está previsto
8. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados (fiabilidad de los tratamientos, aplicación, etc.)	En los procesos industriales, siempre que sea posible deben instalarse sensores en continuo, e interruptores automáticos o alarmas si la calidad no es la adecuada
10. Control y gestión de los productos	El producto final (si procede) debe tener un sistema de control y gestión (análisis de peligros y control de puntos críticos)	Específicamente si es un producto que puede entrar en contacto con el público

Tabla 61. Reutilización de aguas regeneradas en masas de agua con acceso permitido

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje público	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
3. Sistema de almacenaje privado	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezcla con otras aguas
4. Sistema/s de uso	Método de reutilización, definiendo cómo puede contactar el agua con los trabajadores u otras personas	Los permisos se conceden para un método de uso determinado
5. Definición de la zona de uso	Debe establecerse el área de uso y colocar las señales adecuadas para información. Debe evitarse la extracción de agua o las pérdidas, así como las entradas de agua a otros sistemas relacionados si no están contempladas	Debe establecerse la vigilancia necesaria para detectar e impedir usos no autorizados (baño, limpieza de utensilios o vehículos, etc.)
6. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación, con controles en tiempo con presencia de público
7. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse las transformaciones del agua	Debe prestarse especial atención a los procesos de eutrofización o a aquellos que puedan generar malos olores
8. Control y gestión de las aguas y del acceso	Debe hacerse periódicamente una evaluación de riesgo	Si se detectan posibilidades de mejorar la gestión y reducir los peligros asociados deben implantarse rápidamente. Debe haber protocolos de actuación en caso de baños accidentales

Tabla 62. Reutilización de aguas regeneradas en fabricación de nieve artificial

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje (privado)	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezcla con otras aguas. El frío puede contribuir a aumentar la resistencia de los patógenos
3. Sistema/s de uso	Método de reutilización, definiendo cómo puede contactar el agua con los trabajadores u otras personas	Los permisos se conceden para un método de uso determinado
4. Definición de la zona	Debe establecerse el área de uso y colocar las señales adecuadas para información	Debe establecerse la vigilancia necesaria para detectar e impedir la presencia de las personas no autorizadas durante el proceso de fabricación
5. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
6. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse las transformaciones del agua	Debe prestarse especial atención a los procesos de eutrofización o a aquellos que puedan generar malos olores en épocas de calor. Se requiere definir el funcionamiento del sistema en los meses en que no se usa
7. Control y gestión de las aguas y del acceso	Debe hacerse periódicamente una evaluación de riesgo	Si se detectan posibilidades de mejorar la gestión y reducir los peligros asociados deben implantarse rápidamente

Tabla 63. Reutilización de aguas regeneradas en recarga de acuíferos

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezcla con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) y de su gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistema/s de aplicación	Debe garantizarse el paso por una zona no saturada o suelo con un espesor mínimo (1,5 m)	Debe disponerse de capacidad suficiente de aplicación, incluso en caso de lluvias importantes. Debe existir un sistema alternativo de eliminación del agua que no se pueda aplicar
5. Definición del área de aplicación y su gestión	Definición física del polígono de aplicación y de los métodos de extracción de agua	Los permisos se conceden asociados a una extensión perfectamente determinada y fijada
6. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación y la concesión
7. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados tanto para aplicación como para extracción	Por ejemplo, el agua puede no repartirse bien en la zona de aplicación
8. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica



9. Métodos de control de la calidad del agua recuperada	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica y para los microcontaminantes orgánicos
10. Control y gestión de las matrices donde se aplica el agua y las relacionadas.	Estudiar las matrices relacionadas (donde se aplica o donde puede ir a parar el agua recargada). Es importante definir el tiempo de residencia hidráulico en la zona no saturada y en el acuífero	Deben estudiarse las masas de agua asociadas al acuífero empleado (otros acuíferos, ríos, zona costera, lagunas, etc.)
11. Posible afección a personas	Debe estudiarse la posibilidad de ingestión del agua recargada	Debe limitarse el acceso a las zonas de recarga y la posibilidad de extracción por usuarios privados

Tabla 64. Reutilización de aguas regeneradas en recarga directa de acuíferos

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezcla con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) y de su gestión y mantenimiento.	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistema/s de aplicación	El sistema de inyección (bombeo) o aplicación directa (p.ej. en balsas superficiales o enterradas en contacto con el acuífero) debe estar perfectamente controlado	Debe existir un sistema alternativo de eliminación del agua que no se pueda aplicar. Es importante definir un mantenimiento de los pozos u otros sistemas de inyección
5. Definición del área de aplicación y su gestión	Definición física del polígono de aplicación y de los métodos de extracción (recuperación) de agua	Los permisos se conceden asociados a una extensión perfectamente determinada y fijada
6. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación y la concesión
7. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados tanto para aplicación como para extracción	Por ejemplo, el agua puede no entrar correctamente en el acuífero por crecimiento de biopelícula, precipitaciones químicas, entrada de aire o gases en el sistema, etc.
8. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	calidad microbiológica y química
9. Métodos de control de la calidad del agua recuperada	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica, microcontaminantes orgánicos y nutrientes (nitrógeno)
10. Control y gestión del acuífero donde se aplica el agua y de las matrices ambientales relacionadas	Estudiar la zona de inyección y las matrices relacionadas (donde puede ir a parar el agua recargada). Es importante definir el tiempo de residencia hidráulico en el acuífero	Deben estudiarse las masas de agua asociadas al acuífero empleado (otros acuíferos, ríos, zona costera, lagunas, etc.)
11. Posible afección a personas	Debe estudiarse la posibilidad de ingestión del agua recargada	Debe limitarse la posibilidad de extracción por usuarios privados

Tabla 65. Reutilización de aguas regeneradas en generación de biomasa vegetal

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje público	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezcla con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) además de su gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistema de almacenaje privado	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
5. Sistema/s de aplicación	Tipos de riego (superficial, localizado, aspersión, exudación ...)	Influye en el riesgo asociado a la reutilización (contacto con el vegetal regado)
6. Definición del área de riego	Definición física del polígono de riego	Los permisos se conceden asociados a una extensión perfectamente determinada y fijada
7. Definición de los cultivos regados	Tipos de vegetales que se pueden regar con el agua	Los permisos se conceden asociados a unos cultivos de biomasa definidos
8. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
9. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados (de riego, distribución, etc.)	Por ejemplo, los aspersores pueden obturarse
10. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de aplicación	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica
11. Control y gestión de las matrices donde se aplica el agua y las relacionadas.	Estudiar las matrices donde se aplica o donde puede ir a parar el agua regenerada. Es importante definir el tiempo transcurrido desde el último riego hasta que se recoge la cosecha	Puede darse escorrentía, dispersión de aerosoles, etc.
12. Control de los productos regados	Se debe estudiar el proceso de comercialización y consumo	Es importante el tiempo de almacenaje en determinados cultivos
13. Posible afección a personas	Debe estudiarse la posibilidad de contacto/ingestión por parte de la población	En especial si hay grupos de riesgo relacionados con la práctica directa o indirectamente (hospitales, paseantes, etc.)

Tabla 66. Reutilización de aguas regeneradas en generación de biomasa animal

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
1. Transporte desde la planta de regeneración	Indicar el mecanismo (gravedad, bombeo, tiempo de funcionamiento, etc.)	El sistema de transporte es un reactor, cuya cinética puede modificarse según la gestión (e.g. bombeos nocturnos)
2. Sistema de almacenaje público	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezcla con otras aguas
3. Sistema de distribución	Descripción de los equipos (bombeo o gravedad, presión, purgas, etc.) y de su gestión y mantenimiento	La calidad puede modificarse según la gestión, calidad de materiales, etc.
4. Sistema de almacenaje privado	Tipos de agua almacenados, tiempo de residencia, gestión del desembalse, etc.	La calidad del agua se modifica, tanto por tiempo de almacenaje como por la posibilidad de mezclar con otras aguas
5. Sistema/s de uso	Tipos de embalses o aguas circulantes (para producción de invertebrados, peces, moluscos, ...)	Influye en el riesgo asociado a la reutilización (bioacumulación o biomagnificación de contaminantes). Es importante establecer si el producto (e.g. peces) va a someterse a un tiempo de contacto con agua "limpia"
6. Definición del área de empleo	Definición física del lugar de empleo	Los permisos se conceden asociados a una actividad perfectamente determinada y fijada
7. Definición de las especies empleadas	Especies que se desarrollan en el agua (explotadas y no explotadas)	Los permisos se conceden asociados a unos cultivos definidos
8. Inspecciones del sistema	Autocontroles y controles externos	Regulados por la legislación
9. Métodos de control de funcionamiento del sistema	Deben controlarse los problemas de los sistemas (tecnología) empleados	Por ejemplo, puede haber infecciones o mortandades de especies. Enfermedades y bioacumulación/ Toxicidad respectivamente
10. Métodos de control de la calidad del agua regenerada en el punto de uso	Controlar los posibles cambios de calidad antes de la aplicación	Especialmente importante para calidad microbiológica y química (enfermedades y bioacumulación respectivamente)
11. Control y gestión de las matrices donde se aplica el agua y las relacionadas	Estudiar las matrices relacionadas (donde se aplica o donde puede ir a parar el agua regenerada)	Es importante controlar los subproductos generados (heces, amonio, etc.)
12. Control de los productos	Se debe estudiar el proceso de comercialización y consumo	Especialmente importante si el producto se comercializa al público (e.g. comida para peces)
13. Circunstancias específicas	Se definen determinadas circunstancias que puedan afectar el riesgo	Por ejemplo, el empleo de antibióticos en cultivos intensivos de especies determinadas
14. Posible afección a personas	Debe estudiarse la posibilidad de contacto/ingestión por parte de la población	Muy especialmente si se producen peces para consumo

Tabla 67. Aspectos comunes a todos los tipos de reutilización

Parte del sistema	Contenido	Observaciones
0. Material	El material debe ser diferenciable a simple vista del habitual	Se recomienda emplear un color en la fabricación que no se emplee en el material para otros usos (usualmente es el violeta)
1. Formación del personal	Formación especializada a los trabajadores que emplean agua regenerada	Permite reducir los riesgos asociados a la regeneración y reutilización.
2. Política de comunicación	Aplicación de la política transversal de la UE	El ciudadano debe poder acceder a la información si le afecta una práctica de regeneración o reutilización (incluso como consumidor)
3. Política de marketing	En la fase de planificación debe establecerse claramente quienes van a ser los usuarios o clientes del agua regenerada. Debe fijarse el precio del producto	Hay que identificar subvenciones y otros aspectos relacionados con el coste/precio
4. Principio de precaución	Aplicación de la política transversal de la UE	Se debe actuar con base en la mejor información científica disponible. No se permite la inacción
5. Política de registros	Deben registrarse todas las incidencias	Permite seguir los problemas y mejora la capacidad de averiguar sus causas
6. Política de costes		

### Anexo 3

Las tendencias legislativas sobre reutilización han evolucionado desde las normas pioneras de California, en las primeras décadas del siglo XX, hasta las propuestas más modernas (no en el sentido del tiempo de aparición sino en el desarrollo técnico), basadas en la determinación de peligros y los cálculos de riesgo.

A continuación se referencian las diferentes legislaciones con las que se ha trabajado:

1. EU Commission (2000). WFD: Water Framework Directive (WFD). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Brussels, Belgium.
2. Greek Common Ministerial Decision (CMD, no 145116 (354B)/08.03.11) (2011). Measures, Limits and Procedures for Reuse of Treated Wastewater. Ministry of Environment, Energy and Climate Change, Athens, Greece (in Greek).
3. IPQ (2005). NP 4434 - Norma Portuguesa sobre reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.
4. Journal Officiel de la République Française (2010). Arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration dees eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou espaces verts. J.O. du 31 août 2010. Texte 32 sur 157, France.
5. MMAMRM (2010): Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Guía para la aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Residuales, Madrid.
6. NRMCM-EPHC (2006). Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks. Natural Resource Management Ministerial Council and the Environment Protection and Heritage Council.
7. Paranychianakis, N.V., Salgot, M., and Angelakis, A.N., (2010). Irrigation with Recycled Water: Guidelines and Regulations. In: Treated Wastewater in Agriculture: Use and impacts on the soil environments and crops. Levy, G., Fine, P., and Bar-Tal. A., (Eds). Wiley Knowledge for Generations, Hoboken, NJ. USA and Oxford, UK, Ch. 3: 77-111.
8. Real Decreto no 1620/2007 de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE núm. 294, Sábado 8 diciembre 2007.
9. State of California (2000). Code of Regulations, Title 22, Division 4, Chapter 3. Water Recycling Criteria. Sections 60301 et seq., Dec. Berkeley, CA, USA.
10. US EPA (2004). Guidelines for Water Reuse, EPA 625/R-04/108, EPA, Washington DC, USA.
11. WHO (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Vol. 3 Wastewater Use in Agriculture, 3rd ed. World Health Organization, Geneva, Switzerland



## **Acrónimos**

AA: Autoridad del Agua

ACA: Agencia Catalana de l'Aigua

ACOSOL: Abastecimiento de Agua y Saneamiento de la Costa del Sol

ACV: Análisis del Ciclo de Vida

AEAS: Asociación Española de empresas de Abastecimiento y Saneamiento

AG: Autoridad Agrícola

AIA / EIA: Análisis de Impacto Ambiental / Environmental Impact Assessment

AMB: Área Metropolitana de Barcelona

APPCC: Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

ARN: Acido RiboNucleico

AS: Autoridad Sanitaria

ASR: Aquifer Storage and Recovery / Almacenaje y recuperación en acuífero

ASTR: Aquifer Storage Transfer and Recovery / Almacenaje, transferencia y recuperación en acuífero

ASTM: American Society for Testing Materials

AT: Asistencia Técnica

BAT: Best Available Technology / Mejor Tecnología Disponible

BMWP: Biological Monitoring Working Plan

BP: Buenas Prácticas

BPR: Buenas Prácticas de Reutilización

BRM: Bioreactor de Membrana

CAP: Centro de Asistencia Primaria

C.E.: Conductividad Eléctrica

CEDEX: Centro de Experimentación de Obras Públicas

CEE: Comunidad Económica Europea

CF: Coliformes Fecales

COV / VOC: Compuestos Orgánicos Volátiles / Volatile Organic Compounds

COVT: COV Tóxicos

CT: Coliformes Totales

DALY: Disability Adjusted Life Years / Años de Vida Ajustados a Discapacidad (AVAD)



DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DIN: Deutsches Institut für Normung

DQO: Demanda Química de Oxígeno

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales

EDR: ElectroDiálisis Reversible

EIA / AIA: Environmental Impact Assessment / Análisis de Impacto Ambiental

EMAS: Eco-Management and Audit Scheme / Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría

ENAC: Entidad Nacional de Acreditación de España

EPA Australia: Environmental Protection Authority Australia / Administración de la Protección Ambiental de Australia

ERA: Estación Regeneradora de Aguas Residuales

FAO: Food and Agriculture Organization / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FEDER: Fondos Europeos para el Desarrollo de las Regiones

GIS / SIG: Sistema de Información Geográfica

GMP: Good Manufacturing Practices

Guía: Guía para la aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas.

IAWPRC: International Association of Water Pollution Research and Control

IP: Infiltración-Percolación

IPm: Infiltración-Percolación modificada

ISO: International Organization for Standardization

MBP: Manual de Buenas Prácticas

MTD: Mejor Tecnología Disponible

NRC: National Research Council, USA

OI: Osmosis Inversa

OMS / WHO: Organización Mundial de la Salud / World Health Organization

ONG: Organización No Gubernamental

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OTAN / NATO: Organización del Tratado del Atlántico Norte / North Atlantic Treaty Organization



O&M: Operación y Mantenimiento

PAE: Puntos de Atención Especial

PC: Punto de Control

PCC: Puntos de Control Críticos

PCR: Polimerase Chain Reaction / Reacción en Cadena de la Polimerasa

PMC: Puntos de Muestreo Críticos

PNC: Punto no Crítico

PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo

PNUMA / PNUE / UNEP: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/  
Programme des Nations Unies pour l'Environnement / United Nations Environment Programme

PSA: Planes de Seguridad del Agua

QA: Aseguramiento de la Calidad / Quality Assurance

RAS/SAR: Relación de Absorción de Sodio / Sodium Absorption Ratio

RD: Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas

SAR / RAS: Sodium Absorption Ratio / Relación de Absorción de Sodio

SAT: Soil Aquifer Treatment / Tratamiento por el Suelo y el Acuífero

SAPT: Soil Aquifer Plant Treatment / Tratamiento por el Suelo, el Acuífero y la Planta

SPAC: Soil-Plant-Atmosphere Continuum / Sistema continuo suelo-planta-atmósfera

SS: Sólidos en Suspensión

SSD: Sistemas de Soporte a la Decisión

TRH: Tiempo de Residencia Hidráulico

TOC: Carbono Orgánico Total

UNE: Una Norma Española

UE: Unión Europea

UNEP / PNUMA: United Nations Environmental Programme / Plan de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

U.S.EPA: United States Environmental Protection Agency / Agencia de los Estados Unidos para la Protección Ambiental

UV: Ultravioleta



VOC /COV: Volatile Organic Compounds / Compuestos Orgánicos Volátiles

WEF: Water Environment Federation

WHO / OMS: World Health Organization / Organización Mundial de la Salud

WSP: Water Safety Plans



## Resumen de figuras y tablas

### Figuras y Tablas

Figuras	Nombre	Página
Figura 1	Descripción del sistema previo a la reutilización	10
Figura 2	Descripción del sistema de reutilización con intermediario	11
Figura 3	Descripción del sistema de reutilización sin intermediario	11
Figura 4	Pasos a establecer en un protocolo analítico y de muestreo	35
Figura 5	Secuencia de determinación de los PCC	46

Tablas	Manual	Página
1	Definiciones	8
2	Actores en reutilización	13
3	BP básicas o generales, comunes a todas las fases	16
4	BP previas a la reutilización	18
5	BP en el proceso de saneamiento y regeneración	19
6	Esquema básico de los sistemas de regeneración con reutilización posterior	22
7	Usos indicados en el RD 1620/2007	24
8	Reutilización del agua regenerada en zonas urbanas. Puntos de seguimiento y control	25
9	Puntos de seguimiento y control en agricultura	27
10	Puntos de seguimiento y control en usos industriales	28
11	Puntos de seguimiento y control en riegos de campos de golf	29
12	Uso del agua regenerada para recarga de aguas estancadas y corrientes. Puntos de seguimiento y control	30
13	Uso del agua regenerada para recarga de acuíferos. Puntos de seguimiento y control	31
14	Tipos de patógenos de origen hídrico e indicadores utilizados (modificado de Salgot . <i>et al.</i> , 2001)	37
15	Controles de visu	43
16	BP en sistemas de distribución y almacenaje	48
17	Almacenaje de agua regenerada y sus características	49
18	Pre-requisitos en reutilización de aguas regeneradas	51
19	Pasos de un sistema APPCC	52
20	Requerimientos para los miembros y funciones del equipo de APPCC en regeneración y reutilización de aguas regeneradas	53
21	Listado de peligros, análisis de riesgos y medidas preventivas	54
22	Procedimientos de verificación	56

Resumen ejecutivo		
23	Esquema de implantación de las BPR	60

Anexo 1		
24	Esquema global	64
25	Decisión. Descripciones	64
26	Planificación	65
27	Fase I de la planificación	66
28	Fase II de la planificación	67
29	Fase III de la planificación	68
30	Construcción	69
31	Seguimiento	69
32	Modificaciones durante la construcción	69
33	Documentación	69
34	Periodo de garantía	70
35	Operación y mantenimientos habituales	71
36	Control en 33 y 34	72
37	Agua a usuario final	72
38	Reutilización	73
39	Seguimiento del agua	74



<b>Anexo 2</b>		
40	Fases en un sistema de aseguramiento de la calidad basado en APPCC	75
41	Clasificación de las prácticas de riego según su peligrosidad	76
42	Limitaciones para la reutilización según criterios agronómicos	77
43	Parámetros de elección y limitantes para los suelos y terrenos	78
44	Distancias de seguridad recomendadas en la aplicación de aguas regeneradas	79
45	Tipos de recarga de aguas subterráneas y limitaciones	80
46	Principales técnicas de recarga de aguas subterráneas (modificado de Tuinhof y Heederik, 2003)	81
47	Tipos de uso y limitaciones en la reutilización urbana de aguas regeneradas	81
48	Tipos de uso y limitaciones en reutilización industrial* del agua regenerada	82
49	Tipo de uso u limitaciones en la reutilización para generación de biomasa	83
50	Tipo de uso y limitaciones en la reutilización para usos de recreo y ambientales	84
51 <sup>a</sup>	Criterios de descripción en reutilización de aguas regeneradas	85
51b	Aguas de abastecimiento y su relación con la reutilización	85
51c	Usos del agua y su relación con la reutilización	85
51d	Alcantarillado y colectores y su relación con la reutilización	86
51e	Control de vertidos y su relación con la reutilización	87
51f	Sistemas de transporte hacia las depuradoras (colectores) y su relación con la reutilización	87
51g	Tratamiento de depuración y su relación con la reutilización	87
51h	Conexión depuradora. Instalación de regeneración y su relación con la reutilización	88
51i	Tratamiento de regeneración y su relación con la reutilización	88
51j	Sistemas de distribución del agua regenerada y su relación con la reutilización	89
51k	Sistemas de almacenaje del agua regenerada y su relación con la reutilización	89
51k	Reutilización interna en el sistema de depuración/regeneración	89
51l	Métodos de aplicación	89
51m	Controles a posteriori	89
51n	Salud de los trabajadores	90
52	Usos residenciales interiores del agua regenerada, en domicilios y equivalentes (habitaciones de hotel, centros comerciales...).	90
53	Usos residenciales exteriores del agua regenerada (jardines y parques privados, láminas de agua...).	91
54	Utilización de aguas regeneradas en servicios urbanos.	92
55	Utilización de aguas regeneradas en riego agrícola al aire libre.	93
56	Utilización de aguas regeneradas en riego de invernaderos.	94
57	Utilización de aguas regeneradas en riegos de pastos y forrajes	95
58	Condiciones específicas de la utilización de aguas regeneradas en campos de golf	96
59	Reutilización de aguas regeneradas en campos de golf	97
60	Reutilización de aguas regeneradas en usos industriales	98
61	Reutilización de aguas regeneradas en masas de agua con acceso permitido	99
62	Reutilización de aguas regeneradas en fabricación de nieve artificial	100
63	Reutilización de aguas regeneradas en recarga de acuíferos	100
64	Reutilización de aguas regeneradas en recarga directa de acuíferos	101
65	Reutilización de aguas regeneradas en generación de biomasa vegetal	102
66	Reutilización de aguas regeneradas en generación de biomasa animal	103
67	Aspectos comunes a todos los tipos de reutilización	114

## Bibliografía

Directiva 91/271/CEE (1991). Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo del 21 de mayo de 1991 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Boletín Oficial de la Comunidad Europea, No L 135/40-52.

FAO/OMS (1998). Codex Alimentarius. Requisitos generales (Higiene de los Alimentos). Roma, 1998.

Generalitat de Catalunya (1992). Departament de Sanitat i Seguretat Social. Direcció General de Salut Pública. Prevenció del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals com a aigües de reg / Guia per al disseny i el control sanitari dels sistemes de reutilització d'aigües residuals. Barcelona. Pascual, A. (coordinadora); Salgot, M., Cortés, A., Pujol, P.

OMS/WHO (2004). Guidelines for drinking water quality. 3<sup>rd</sup> ed. OMS, Ginebra.

OMS/WHO (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 1: Policy and regulatory aspects. Volume 2: Wastewater use in agriculture. OMS, Ginebra.

Queensland, water recycling guidelines. Queensland Government, Environmental Protection. Australia, 2004.

