

## LA SOSTENIBILIDAD EN LOS PROYECTOS. CASO DE ESTUDIO: DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Dr. Ramón Guardino Ferré

Universidad Internacional Iberoamericana. Campeche (México).

Dra. Margarita González Benítez

Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de Catalunya (España).

### Resumen

¿Son sostenibles los proyectos tal y como se realizan en la actualidad? Utilizando como ejemplo los proyectos de depuración de aguas residuales, se revisa como se incluyen criterios de sostenibilidad en los mismos mediante la revisión del enfoque de estos proyectos, el uso que se hace de las herramientas de sostenibilidad, las garantías de funcionamiento que se exigen a la instalación proyectada, el contenido de las Prescripciones Técnicas, la selección de la tecnología y como se contempla el consumo energético. Con esta información, se analizan los problemas y se proponen soluciones para que los proyectos sean más sostenibles.

**Palabras clave:** *sostenibilidad; aguas residuales; tecnología; energía; garantías; pliego*

### Abstract:

Are projects sustainable as they are performed nowadays? Using sewage treatment projects as example, this review shows how sustainability criteria are included in these projects through the revision of their approach, use of sustainability tools, performance guarantees demanded from the projected installation, content of the Technical Requirements, the selection of technology and how energy consumption is considered. With this information, we analyze the problems and propose solutions to make projects more sustainables.

**Key Words:** *sustainability; sewage; technology; energy; technical specifications.*

## 1. INTRODUCCIÓN.

La definición del concepto “*proyecto*” es una definición difícil, quizá por ello existan tantas definiciones.

La “*International Project Management Association (IPMA)*” define “*proyecto*” como “*operación limitada en tiempo y coste para materializar un conjunto de entregables definidos (el alcance para cumplir los objetivos del proyecto) de acuerdo con unos requisitos y estándares de calidad*”. (IPMA ICB; 2006).

La Norma UNE 157001 cita como documentos básicos de un proyecto los siguientes: Índice General, Memoria, Anexos, Planos, Pliego de Condiciones, Estado de Mediciones, Presupuesto y, cuando proceda, Estudios con Entidad Propia.

A la vez, también define el orden de prioridad entre los documentos básicos, cuando este orden no se especifica en el proyecto: Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Memoria.

Tampoco es fácil la definición de “*desarrollo sostenible*”, pero, lo que si es evidente, es que constituye una necesidad a nivel global, puesto que el desarrollo, para ser sostenible, deberá incorporar factores económicos, sociales y ambientales.

El problema consiste en cómo se conjugan a la vez los dos conceptos en los proyectos: Situación actual de la sostenibilidad en los mismos, documentos del proyecto donde debería exigirse la sostenibilidad, herramientas de sostenibilidad utilizadas, etc.

El campo de acción de un proyecto de depuración de aguas residuales no es de escala global, no obstante estas acciones locales o regionales sí deben resumir la sostenibilidad global.

## **2. OBJETIVO.**

El objetivo de este estudio es el de comprobar de qué forma se trata la sostenibilidad en los proyectos, centrándose en los proyectos de depuración de aguas residuales, para encontrar las posibles deficiencias y proponer una solución que mejore la sostenibilidad de estos proyectos.

## **3. CASO DE ESTUDIO.**

El acaso de estudio es la sostenibilidad en los proyectos de estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR).

La función básica de una EDAR es obtener agua depurada a partir de agua residual cruda. El Real Decreto 1620/2007, que establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, define en su Artículo nº 2: “*b) Aguas depuradas: aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable*”.

Pero, además de conseguir este objetivo, deberá, para que el tratamiento sea sostenible, a la vez de: minimizar los costes, minimizar el consumo de energía, minimizar los residuos, minimizar el resto de impactos ambientales, maximizar el rendimiento de depuración, valorar la formación de la plantilla, dar empleos en la comunidad, minimizar las molestias sociales: olores, ruidos, incremento del tráfico de camiones, etc.

### **3.1. Enfoque del Proyecto.**

El proyecto de una EDAR no debe considerarse principalmente desde el punto de vista del criterio económico. El proyecto debe de incluir puntos de vista holísticos y enfoques integrados. La temática del agua no consiste únicamente en su suministro y depuración, sino que debe ser visto como parte de la gestión de los recursos naturales y las sociedades humanas.

Para proyectar estaciones depuradoras de aguas residuales diseñadas con un marcado criterio sostenible, se deben establecer los siguientes principios básicos de actuación (Balkema, A.J.; 2003): Económicos, el coste no debe exceder los beneficios; medioambientales, suministrando recursos y asumiendo las emisiones; y sociales, satisfaciendo las necesidades socioculturales de la población.

De igual forma, se tratan de forma independiente o con poca ligazón las distintas fases del proyecto, construcción, explotación y demolición; cuando son fases de un mismo objetivo que están interrelacionadas.

La EDAR a proyectar, además, no es una unidad aislada, sino que interrelaciona con el medio que la rodea. Deberá evaluarse, por tanto, en una primera fase el sistema en su conjunto mediante la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) del Programa Ambiental de la zona o región en el que el proyecto está inscrito y el estudio del Ciclo urbano del agua.

### 3.1.1. Evaluación Ambiental Estratégica.

La “*Evaluación Ambiental Estratégica*” (EAE) es el equivalente de la Evaluación del Impacto Ambiental aplicada a Políticas, Planes y Programas. Como todo proceso de planificación, que comporta una predicción de futuro, está sometida al riesgo y la incertidumbre.

La EAE se justifica por la mayor fiabilidad que representa el enfoque planificado contra el enfoque “*proyecto a proyecto*”. Es más racional progresar según una secuencia de mayor a menor nivel de abstracción de ideología, política, plan, programa, proyecto, construcción, explotación y evaluación que se repite en ciclos sucesivos.

La EAE está regulada por la Directiva 2001/42/CE “*relativa a la Evaluación de los efectos de determinados Planes y Programas en el Medio Ambiente*”, en la que los planes y programas públicos de determinados sectores a los que se refiere, donde se incluye la gestión de recursos hídricos, deberán ser objeto de una evaluación medioambiental a lo largo de su preparación y antes de su adopción.

Como se observa, se introducen los conceptos “*a lo largo de su preparación*” y “*antes de su adopción*”.

Con el 77% de habitantes-equivalentes de poblaciones mayores de 2.000 habitantes con un vertido de aguas residuales conforme y otro 14% en construcción en 2009 (Ortega, E. e Iglesias, R.; 2009) la herramienta del EAE no ha sido utilizada, en general, como herramienta de planificación en depuración de aguas. Generalmente; en depuración de aguas residuales se establecen los denominados “*Planes de Saneamiento*” para planificar la instalación de estaciones depuradoras de aguas residuales, con pocos criterios de sostenibilidad. No obstante; la versión preliminar de “*Plan Nacional de Reutilización de Aguas*” (MARM; 2010a) cuenta ya con su propio “*Informe de Sostenibilidad Ambiental*” (MARM; 2010b).

### 3.1.2. Ciclo del Agua.

El Ministerio de Medio Ambiente vincula (MMA; 2007) el desarrollo urbano al ciclo del agua en su expresión local (captación de agua de lluvia, reutilización de agua usada, etc.), en una gestión integrada a escala de cuenca de los recursos disponibles.

La gestión sostenible del medio ambiente urbano requiere de una gestión integrada que debe cerrar en las ciudades los ciclos de recursos naturales, energía y residuos.

En el caso de las aguas residuales urbanas encontramos que, al producirse estas, estamos mezclando dos ciclos diferentes: el del agua y el de los residuos, mezclando el ciclo del agua con el de, por ejemplo, los nutrientes (nitrógeno y fósforo). Separar la orina, por ejemplo, del total de las aguas residuales supondría un drástico cambio en las características de las aguas residuales urbanas y, por tanto, de sus procesos de tratamiento.

Los criterios de sostenibilidad a considerar en el tratamiento de aguas residuales urbanas deberían ser (Volkman, S.; 2003) los siguientes: No diluir en agua potable residuos de alto poder contaminante, máxima recuperación y reutilización del agua tratada y residuos obtenidos, aplicación de tratamientos eficientes, sólidos y fiables con bajo coste de construcción y mantenimiento y larga vida en plenas condiciones de operatividad, aplicable a cualquier escala, desde muy pequeña a muy grande, autosuficiente en todos los aspectos y aceptable por la población, porque parece lógico pensar que en el diseño de los sistemas de gestión de las aguas residuales sostenibles deben considerarse aquellas necesidades que se integran mejor en las de la comunidad (Muga, H.E. y Mihelcic, J.R.; 2008).

### **3.2. Herramientas de Sostenibilidad.**

La utilización de herramientas de sostenibilidad son reconocidas en numerosos foros internacionales a partir del “V Programa de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Unión Europea” (Comisión Europea; 1992).

Las herramientas de sostenibilidad a utilizar en los proyectos son de tres tipos: La “Evaluación de Impacto Ambiental” (EIA), el “Análisis de Ciclos de Vida” (ACV) y Los “Indicadores”.

#### **3.2.1. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).**

Las EIA contemplan los 3 componentes de la sostenibilidad; los componentes medioambientales, económicos y sociales (AENOR; 2006), pero lo hacen únicamente a nivel local y pueden aplicarse tanto en el pronóstico como en el diagnóstico.

En España, el Real Decreto Legislativo 1/2008 “por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación Ambiental de Proyectos”, en su artículo 3.1., indica de qué proyectos deberá realizarse obligatoriamente el estudio de impacto ambiental.

En el Anexo I se recoge dentro del Grupo 7. “Proyectos de ingeniería hidráulica y de gestión del agua”: “d. Plantas de tratamiento de aguas residuales cuya capacidad sea superior a 150.000 habitantes-equivalentes”.

Otra serie de proyectos pueden tener que someterse a EIA, viene recogida la forma en el artículo 3.2.: “Sólo deberán someterse a una evaluación de impacto ambiental en la forma prevista en esta ley, cuando en cada caso, los siguientes proyectos: a) Los proyectos públicos o privados consistentes en la realización de las obras, instalaciones o de cualquier otra actividad comprendida en el anexo II”.

En el Anexo II se recogen los proyectos que deben someterse a EIA si lo decide el órgano ambiental, donde se contempla: “d. Plantas de tratamiento de aguas residuales superiores a 10.000 habitantes-equivalentes.”

Parece sorprendente que una EDAR sólo deba evaluarse ambientalmente en tan reducido número de casos, siendo una actividad potencialmente molesta, insalubre, nociva y peligrosa (de nivel medio/alto las tres primeras en la legislación de la Comunidad Valenciana, en su Decreto 54/1990).

La Evaluación de Impacto Ambiental es un proceso normalizado mediante la Norma Española UNE 157921 “Criterios generales para la elaboración de estudios de impacto ambiental”.

El principal problema de los EIA es que, en las fases de toma de decisión del proyecto, los EIA se toman en consideración demasiado tarde, cuando el proyecto ya está decidido en

cuanto a su localización, tecnología, diseño y ejecución. No se realizan estudios reales de alternativas.

De esta forma, el papel del EIA queda muy limitado, porque las únicas alternativas que le quedan al proyecto en ese momento es la de ejecutarse o no ejecutarse o incluir modificaciones y mejoras con el consiguiente aumento del coste de la instalación y retrasos en la puesta en funcionamiento (Gómez Orea, D.; 2002).

Las EIA, para evitar que queden en el limitado papel actual, deben incorporarse al proyecto desde el inicio de las fases de decisión del mismo, para poder aportar alternativas en las fases de localización, tecnología, diseño y ejecución del proyecto.

La Norma Española UNE 157921 cita que en el contenido del EIA deben existir tres documentos que, de contemplarse en los EIA, evitarían esta situación: Análisis de alternativas previas relacionadas con planes y programas, análisis de alternativas factibles e identificación y valoración de los impactos de las alternativas estudiadas.

### 3.2.2. Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Los ACV, normalizado mediante normas ISO 14040:2006 e ISO 14044: 2006, contemplan no consideran generalmente los componentes sociales y económicos, pero lo hacen en forma de impactos ambientales potenciales a nivel global y pueden aplicarse tanto en el pronóstico como en el diagnóstico.

El primer inconveniente en la aplicación de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida relacionado con la depuración de aguas residuales, consiste, sencillamente, en que esta metodología no se emplea.

Técnicamente la metodología del Análisis de Ciclo de Vida tiene una serie de inconvenientes que dificultan su aplicación metodológica en los tratamientos de aguas residuales:

- Necesita mucho tiempo para su realización. Una posibilidad es la de utilizar metodologías más “reducidas” como el “*Streamlined LCA*” (Graedel, T.E.; 1998) o el “*Análisis de Ciclo de Vida Simplificado*” de la UNE 150041 EX, que se desarrollaron para reducir la complejidad de los estudios de ACV y la cantidad de datos requeridos, requiere una gran cantidad de datos para la realización del inventario, que deben de estar referenciados a la región o país de referencia. Se deberían utilizar datos “específicos”,
- Variaciones en los límites del sistema pueden producir resultados desiguales.
- Evalúa los impactos potenciales, no los reales, que necesitan de estudios de las condiciones locales.
- No tiene en cuenta los impactos sociales y económicos, los valores estéticos, la biodiversidad ni el hábitat, ni evalúa las molestias que se producen con la actividad: olores, ruido, incremento del tráfico, etc.
- Puede ser influenciado por el técnico que lo realiza.
- Presenta distintos resultados que para un mismo estudio según se empleen distintos métodos (Halleux, H. et al.; 2006).

La metodología ACV, no obstante, es de interés como herramienta de sostenibilidad en el caso de la fase de operación de las EDAR, pues esta fase tiene un impacto mucho mayor que la de construcción (Lundie, S. et al.; 2004) (Renou, S. et al.; 2008), que, a su vez, tiene similar impacto para las diferentes alternativas de construcción (Tillman, A.M. et al.; 1998).

Otra necesidad práctica de la metodología ACV es la definición correcta de la “unidad funcional”, puesto que a ella se referirán todas las entradas y salidas del sistema. Los

distintos autores no se ponen de acuerdo: Volumen de aguas residuales tratadas en la EDAR en un año (Renou, S. et al.; 2008), 1 m<sup>3</sup> de agua (Rihon, A.C. et al.; 2006), 1 m<sup>3</sup> de agua de la calidad especificada para el proceso (Friedrich, E. et al.; 2009), el tratamiento del agua residual producida por un habitante-equivalente (h-e) durante un año (Tillman, A.M. et al.; 1998), etc.

Puesto que variaciones en los límites del sistema pueden producir resultados desiguales, se debe simplificar el ACV, dejando fuera de los límites del sistema aquellos flujos de entrada y de salida que no van a cambiar de forma significativa los resultados del estudio.

Los elementos mínimos a estudiar, los "límites del Sistema", en el caso del ACV de la fase de explotación, son los que se refieren a: la fabricación de reactivos, el consumo de energía, las emisiones atmosféricas, el transporte de los reactivos desde su centro de fabricación, el transporte de residuos y fangos hasta su destino final y el destino final de residuos y fangos.

Finalmente; la calidad de la base de datos es fundamental para el inventario. La base de datos debe ser lo más ajustada posible a las condiciones locales.

### 3.2.3. Indicadores.

Un indicador de sostenibilidad no es un indicador medioambiental. Es un indicador medioambiental al que se le han adicionado los factores: tiempo, límite u objetivo.

Las tres funciones principales de los indicadores son (Adriaanse, A.; 1998): Cuantificar, simplificar y comunicar.

Los indicadores de sostenibilidad a emplear deben de plantearse, para ser útiles realmente a lo largo del proyecto, en las primeras fases del mismo.

Los indicadores que pueden ser utilizados para medir la sostenibilidad en los proyectos de depuración de aguas, son de los siguientes tipos: Urbanos, de fase de proyecto, de fase de construcción, de fase de operación y de fase de desmantelamiento.

## 3.3. GARANTÍAS DEL PROYECTO.

El buen funcionamiento de la estación depuradora de aguas residuales viene garantizado al cliente, especialmente si este es la Administración, por una garantía económica (generalmente, un aval bancario) por un importe correspondiente al 4% del coste total de la EDAR.

El proyecto debe garantizar:

- Que se cumplen los valores máximos de vertido de proyecto.
- Durante dos años todo el material instalado, según Real Decreto Ley 1/2007.
- Por lo general; en los proyectos se prima la fase de construcción sobre la de mantenimiento y explotación, cuando la explotación de la instalación es una situación funcional que se realiza a largo plazo, generalmente, 20-25 años.

Por este largo plazo, debería ser obligatorio en los proyectos que estos garanticen condiciones de explotación como:

- Consumo eléctrico, kWh/m<sup>3</sup> agua tratada.
- Consumo de reactivos y su coste máximo anual.
- Producción de fango deshidratado en relación a los kg de DBO<sub>5</sub> eliminados y su coste de evacuación.

- Etc.

Este punto está relacionado con los indicadores de referencia a cumplir que no aparecen en los proyectos: kWh/m<sup>3</sup> agua tratada, m<sup>3</sup> agua potable utilizada/m<sup>3</sup> agua depurada, etc.

### 3.4. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

Puesto que la Norma UNE 157001 define al "*Pliego de Condiciones*" (también denominado: "*Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares*" (PPTP)) como documento prioritario, tras los planos, de un proyecto; es en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, donde debe de tratarse la sostenibilidad, y debería realizarse desde un punto de vista eminentemente práctico.

El problema fundamental con los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares es que:

- En la práctica; son pliegos refundidos de otros anteriores, cuando no, simples fotocopias.
- No se consultan.

De esta forma; aquellas informaciones relacionadas con la sostenibilidad del proyecto que deberían incluirse en el PPTP, acaban en forma de anexo de la "*Memoria*" que es el último documento del proyecto en cuanto a prioridad se refiere: Memoria de gestión ambiental, de gestión de residuos, etc.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá recoger, al menos, los siguientes aspectos para incluir en el mismo los criterios de sostenibilidad: normativa medioambiental aplicable; normativa medioambiental a la que se suscribe la empresa responsable del proyecto y/o la empresa constructora por iniciativa propia, sin ser exigible; criterios de sostenibilidad a aplicar durante la ejecución de las obras:

Un ejemplo de la falta de sostenibilidad de estos Pliegos son las ecoetiquetas y el hormigón estructural.

#### 3.4.1. Ecoetiquetas.

Dentro de la mejora de sostenibilidad de la E.D.A.R., se debe fomentar la utilización de productos oficialmente reconocidos por su menor incidencia ambiental a lo largo de su ciclo de vida, por cumplir con una serie de criterios ecológicos que les hacen ser mejores que el resto de productos de su categoría.

La Eco-etiqueta, a nivel europeo, se concretó con la regulación del Consejo de la Comunidad Europea nº 880/92 (Consejo Europeo; 1992), marco de trabajo para el "*EC Eco-Label Program*".

Han sido señalados como obstáculos a la implantación de la Contratación Pública Ecológica (CPE) en la Unión Europea (UE) por la Comisión de las Comunidades Europeas (Comisión Europea; 2008), los siguientes: desconocimiento de los beneficios; falta de claridad jurídica, de información y de similitud entre los procedimientos y criterios.

Si la Administración Pública, cuyos contratos representan una cantidad equivalente al 16 % del PIB de la UE (Comunidad Europea; 2005), no ha incluido las ecoetiquetas entre sus criterios de compra, difícilmente los incluirá el sector privado en sus proyectos.

### 3.4.2. Hormigón Estructural.

El Real Decreto 1247/2008 (Legislación Española Construcción; 2008), aprueba la “*Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*” (EHE 08; 2007) que trata de minimizar el impacto ambiental del mismo.

La EHE-08 plantea la incorporación de la sostenibilidad ambiental en el hormigón estructural a través de su articulado y de su Anejo nº 13 “*Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad (ICES)*”.

En su articulado aparecen los siguientes criterios de sostenibilidad: Utilización de recursos renovables; utilización de productos reciclados, optimización de la energía empleada en la elaboración de los productos de construcción y minimización de los impactos ambientales como consecuencia de la ejecución.

El anejo nº 13 define el “*Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad (ICES)*” a partir del “*Índice de Sensibilidad Medioambiental*” de la misma (ISMA), estableciendo procedimientos para estimarlos cuando así lo decida la Propiedad, siendo, por tanto, de carácter voluntario.

El sobreesfuerzo, en teoría, a realizar tiene una repercusión económica negativa, al menos en el primer momento, que hace que la Propiedad acabe decidiendo no aplicar estos criterios de sostenibilidad, por lo que estos criterios no aparecen en el proyecto.

### 3.5. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.

Difícilmente se encuentran en los proyectos de depuración anejos de comparativas de tecnologías de proceso (GLUMR; 1997) donde se realice la evaluación y clasificación de las opciones técnicas. La cronología de actividades para la elección de la tecnología más favorable debe ser (WEF; 1994):

- Definir las condiciones actuales y los problemas.
- Desarrollar y evaluar soluciones alternativas.
- Seleccionar la solución propuesta.
- Realizar el diseño preliminar.
- Estudiar coste y forma de financiación.
- Desarrollar el calendario de implementación.

### 3.6. LA ENERGÍA.

Entre el 2-3% de la energía mundial se consume en bombeos y tratamientos de agua (Sahely, H.R. y Kennedy, Ch.A.; 2007).

El consumo de energía eléctrica en potabilización, abastecimiento y depuración del Sector de Servicios Públicos fue de 110 kWh/habitante en 2004, año en que la depuración de agua consumió el 40% de la energía del sector, el abastecimiento de agua el 14% y la potabilización de agua el 2% (IDAE; 2007).

Los costes de energía eléctrica representan entre el 25-35% de costes totales de explotación, la parte fundamental de los consumos, que, además, es uno de los tres impactos ambientales más importantes de los procesos de depuración de aguas (Gallego, A. et al.; 2008).

Los consumos medios de energía eléctrica de las estaciones de aguas depuradoras de aguas residuales urbanas en Cataluña, en el año 2008, fueron de (Obis, J.M. et al.; 2009) de 0,44 kWh/m<sup>3</sup> tratado y/o 34,51 kWh/h-e tratado.



La diferencia de consumo energético entre una EDAR optimizada energéticamente y una que no lo esté es superior al 20% (Morenilla, J.J.; 2010), por lo que la eficiencia energética debería considerarse en la fase de proyecto y realizar ajustes en la fase de explotación para mejorar la eficiencia energética.

El proyecto debería considerar un sistema de seguimiento del uso de la energía y su coste, la optimización de los sistemas, equipos y equipos de control, el aprovechamiento del potencial energético de los lodos, la recuperación de energía y la formación en gestión de la energía a los operadores.

El proyecto deberá minimizar el consumo energético mediante el diseño del proceso, la elección tecnologías de aeración y de deshidratación y gestión de fangos y el control del proceso.

#### **4. RESULTADOS.**

Los proyectos de depuración de aguas residuales presentan una serie de deficiencias en lo relativo a la inclusión de criterios de sostenibilidad en los mismos.

En primer lugar, el enfoque del proyecto es únicamente local cuando debería tener en cuenta el punto de vista global. Así, los proyectos de depuración no están relacionados con el ciclo urbano del agua ni con otros ciclos como el de los residuos, cuando una EDAR es una importante productora de los mismos.

Metodologías como la Evaluación Ambiental Estratégica que hubiesen ayudado a resolver este problema, se han empezado a utilizar demasiado tarde.

En cuanto a las herramientas de sostenibilidad, los Estudios de Impacto Ambiental son utilizados de forma general, pero no cumplen su función porque se realizan una vez acabado el proyecto y no en las fases de decisión del mismo, con lo que pierden la mayor parte de utilidad.

Los Análisis de Ciclo de Vida y los Indicadores no se utilizan en este tipo de proyectos. Los primeros serían muy útiles en la fase de operación para contabilizar la contaminación global y los segundos para medir los progresos hacia la sostenibilidad de la instalación.

Uno de los apartados más discutibles es el de las garantías de los proyectos. Los proyectos sólo garantizan aspectos constructivos, de uso y legales. En ningún momento se piden garantías ligadas a la sostenibilidad como: consumo energético, lodos producidos, etc.

Las referencias a la sostenibilidad en los proyectos vienen reflejadas básicamente en forma de anexos a la memoria. De esta forma, su importancia es poco relevante. Para ocupar un lugar preeminente, deberían estar recogidas en el Pliego de Condiciones, segundo, tras los planos, documento prioritario en un proyecto.

La escasa importancia real que se le atribuye a la sostenibilidad en los proyectos viene reflejada en los escasos requerimientos de utilización de productos con ecoetiquetas y de hormigones estructurales que contribuyan a la sostenibilidad.

En otro apartado, los proyectos de depuración no contemplan, mayoritariamente, en sus primeras fases de toma de decisión, el estudio comparativo de tecnologías, por lo que no existe un proceso real de selección de tecnología de depuración en los proyectos.

Por último; a pesar de la importancia económica y medioambiental de la energía en los tratamientos de depuración, estos proyectos están poco optimizados: falta de estudios de

eficiencia energética, procesos de alto consumo, sistemas de aeración poco eficientes, sistemas de deshidratación de lodos de alto consumo, control de procesos poco avanzados, no se contempla la formación en materia de energía de los operadores, etc.

## 5. CONCLUSIONES.

Con el 91% de las estaciones depuradoras de aguas residuales construidas o en construcción, en 2011, en España para poblaciones superiores a 2.000 habitantes, los proyectos de estas instalaciones han contemplado de forma escasa y/o poco idónea criterios de sostenibilidad.

En el futuro debería contemplarse la EDAR como la parte de un todo y que el proyecto se viese englobado en una Evaluación Ambiental Estratégica y dentro de un ciclo del agua abierto al resto de ciclos de materia y energía.

Los Estudios de Impacto Ambiental deberían realizarse en los inicios del proyecto para permitir seleccionar tecnologías, los Análisis de Ciclo de Vida deberían realizarse de la fase de operación y se deberían incluir indicadores en el proyecto para medir los avances hacia la sostenibilidad.

Las garantías del proyecto deberían ampliarse para incluir los citados indicadores de forma que fuesen de obligado cumplimiento.

Todos los aspectos relacionados con la sostenibilidad del proyecto deberían ser incluidos en el Pliego de Condiciones de este para ocupar un lugar prioritario en el proyecto. A este Pliego deberían añadirse conceptos, hasta ahora no utilizados, como compra de productos con ecoetiquetas o utilización de hormigones estructurales respetuosos con el medio ambiente.

Los proyectos deberían incluir un estudio previo de alternativas de tecnologías a utilizar, en cada caso, puestos estudios de alternativas, en la práctica, no se realizan.

Por último; dada la importancia de la energía en este tipo de instalación es imprescindible incluirla optimización energética de las mismas en el proyecto.

## 6. REFERENCIAS.

Adriaanse, A. (1998) "Environmental information management for use at the national level". En "*Indicators for sustainable urban development*". The International Institute for the Urban Environment. Delft, Holanda.

AENOR (2006) "*Norma Española UNE 157921: Criterios generales para la elaboración de estudios de impacto ambiental*". Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid, España.

Balkema, A.J. (2003) "*Sustainable Wastewater Treatment*". Tesis Doctoral. Eindhoven University of Technology. Holanda.

Comisión Europea (1992) "*Hacia un desarrollo sostenible: V Programa Comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible*". COM (92)23. Bruselas.

Comisión Europea (2008) "*Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones:*

- Contratación pública para un medio ambiente mejor*". SEC (2008) 2125, de 16 de julio de 2008. Bruselas, Bélgica.
- Comunidad Europea (2005) "*Manual Sobre la contratación pública ecológica*". Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.
- Consejo Europeo (1992) "Reglamento (CEE) nº 880/92 del Consejo, de 23 de marzo de 1992, relativo a un sistema comunitario de concesión de etiqueta ecológica". *DOCE* nº L 099, de once de abril de 1992, pp. 0001 – 0007.
- EHE 08 (2007) "*Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)*". Comisión Permanente del Hormigón (CPH)". Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. Madrid.
- Friedrich, E. et al.(2009) "Environmental life cycle assessments for water treatment processes.A South African case study of an urban water cycle". *Water SA*, Vol. nº 35, num. 1, pp. 73-84.
- Gallego, A. et al.(2008) "Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations". *Resources, Conservation and Recycling* nº 52, pp. 931-940).
- GLUMR (1997) "*Recommended standards of wastewater facilities*". Great Lakes –Upper Mississippi River, Board of State and Provincial Public Health and Environmental Managers. Albany, N.Y, USA.
- Gómez Orea, D. (2002) "*Evaluación de impacto ambiental*". Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Graedel, T.E. (1998) "*Streamlined Life-Cycle Assessment*". Ed. Prentice Hall. New Jersey, USA.
- Halleux, H. et al.(2006) "*Comparison of life cycle assessment methods, application to a wastewater treatment plant*".13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering. Leuven, Bélgica.
- IDAE (2007) "*Plan de Acción 2008–2012*". Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid.
- IPMA ICB (2006) "IPMA ICB- IPMA Copetencia Baseline V3.0". Nijkerk, Holanda, y AEIPRO- IPMA NCB, V3.0 2006, V3.1. 2009, Valencia, España (Base para la competencia en dirección de proyectos).
- Lundie, S. et al. (2004) "Life Cycle Assessment for sustainable metropolitan water systems planning". *Environ. Sci. Technol.* nº 38, pp. 3465-3473.
- MARM (2010a) "*Plan Nacional de Reutilización de Aguas. Versión Preliminar del Plan*". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España.
- MARM (2010b) "*Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan Nacional de Reutilización de Aguas*". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España.
- MMA (2007) "*Libro Verde de Medio Ambiente Urbano*". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Morenilla, J.J. (2010) "*Sistemas de control y optimización del consumo energético en EDAR*". XXVIII Curso sobre Tratamiento de Aguas Residuales. CEDEX. Madrid.

- Muga, H.E. y Mihelcic, J.R. (2008) "Sustainability of wastewater treatment technologies". *Journal of Environmental Management* nº 88, pp. 437-447.
- Obis, J.M. et al. (2009) "L'energia en el sanejament: un repte de futur per ara mateix". IV Jornades Tècniques de Gestió de Sistemes de Sanejament d'Aigües Residuals. Agència Catalana del Agua. Barcelona.
- Ortega, E. e Iglesias, R. (2009) "Reuse of treated municipal wastewater effluents in Spain: Regulations and most common technologies, including extensive treatments". *Desalination and Water Treatment* nº 4, pp: 148–160.
- Renou, S. et al. (2008) "Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA". *Journal of Cleaner Production* nº 16, pp. 1098-1105.
- Rihon, A.C. et al.(2006) "Application of the LCA methodology to water management from the pumping station to the wastewater plant". Industrial Chemistry Department. University of Liège. Lieja, Bélgica.
- Sahely, H.R. y Kennedy, Ch.A.(2007) "Water use model for quantifying environmental and economic sustainability indicators". *Journal Of Water Resources Planning and Management*, Vol. nº 133, pp.550-559.
- Tillman, A.M. et al.(1998) "Life cycle assessment of municipal waste water systems". *Int. J. LCA* nº 3 (3), pp. 145-157.
- Volkman, S. (2003) "Sustainable wastewater treatment and reuse in urban areas of the developing world". Master's International Program. Michigan Technological University. USA.
- WEF (1994) "Design of municipal wastewater treatment plants. Vol. 1". Water Environment Federation. Manual of Practice nº 8. Alexandria, VA, USA.

## **CORRESPONDENCIA**

Dr. Ramón Guardino.

ramon.guardino@unini.mx

Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI)

Campeche (México).

Dra. Margarita González.

maria.margarita.gonzalez@upc.es

Departamento de Proyectos de Ingeniería.

Universitat Politècnica de Catalunya

Avda. Diagonal 647, 10ª Planta

08028 Barcelona, España.