UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

TESIS DOCTORAL

APLICACIÓN DE LA FAMILIA DE HUELLAS ECOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES

EVA GÓMEZ LLANOS

Departamento de Expresión Gráfica

2017

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

TESIS DOCTORAL

APLICACIÓN DE LA FAMILIA DE HUELLAS ECOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES

EVA GÓMEZ LLANOS

Departamento de Expresión Gráfica

Conformidad de los directores

Fdo: Agustín Matías Sánchez **Fdo:** Pablo Durán Barroso

2017

Agradecimientos

Lo primero de todo, me gustaría agradecer a mis directores de tesis Dr. D. Agustín Matías y Dr. D. Pablo Durán su apoyo, dedicación, asesoramiento y orientación a lo largo de este trabajo de investigación. Gracias a Ambling Ingeniería y Servicios S.L por proporcionarme la información y los datos sin los cuales no sería posible este trabajo. Me gustaría dar las gracias al Departamento de Construcción de la Escuela Politécnica de Cáceres por acogerme y a todos los compañeros que me apoyaron en cualquier aspecto durante la realización de esta tesis. A mi familia y amigos por su apoyo incondicional y sus muestras de ánimo y cariño, aún sin entender nada de lo que estaba haciendo. Y a Jorge, por su ayuda, y no cansarse de oír hablar de estructuras, terreno o agua, gracias por confiar en mí y en mi trabajo.

Resumen

Uno de los grandes retos de la gestión de los recursos hídricos en el medio urbano, consiste en garantizar la sostenibilidad de los mismos, generando el mínimo impacto posible en términos ambientales y socioeconómicos a lo largo de todo el ciclo urbano del agua. Pieza fundamental del ciclo urbano del agua es la depuración de las aguas residuales donde se ha llevado a cabo en los últimos años la implantación España de infraestructuras de depuración a núcleos de pequeña población, como cumplimiento de la Directiva Marco del Agua, reflejo del compromiso social en Europa por la depuración. En las plantas depuradoras de pequeñas poblaciones la necesidad de una gestión eficiente y sostenible tanto económica como ambientalmente se hace más imprescindible. Esta premisa de gestión eficiente y sostenible ha motivado esta investigación, donde se plantea un marco de evaluación de la gestión en una estación depuradora de aguas residuales a partir de la huella hídrica y huella de carbono como indicadores de la afección de este tipo de infraestructuras en el medio y de su eficiencia en cuanto a la optimización de los recursos. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de una metodología que permita la evaluación tanto de la eficiencia del propio tratamiento así como de la contaminación producida en el funcionamiento del sistema. Para ello, en el presente trabajo se muestra una amplia revisión de la aplicación de la huella hídrica y la huella de carbono en EDAR, junto con una propuesta del potencial que representa la implementación de una metodología conjunta como elemento de análisis y gestión del ciclo urbano del agua, particularizada en la depuración de aguas residuales. De esta revisión se extrae la conclusión de la idoneidad de la huella hídrica y huella de carbono como indicadores del impacto ambiental y eficiencia en la explotación de una planta de depuración de aguas residuales radica en la aparente simplicidad de su lenguaje y en proporcionar una manera estructurada y coherente de cuantificar el uso del agua y la contaminación en todo el proceso de depuración y a través de diferentes escalas, de tal forma que facilita la comprensión de la relación entre los usos del agua y su impacto en el medio. La metodología propuesta de evaluación conjunta de ambas huellas como indicadores de su impacto en el medio y la eficiencia de su funcionamiento se ha realizado en cuatro plantas depuradoras localizadas en la comarca de La Vera, situada al noreste de la provincia de Cáceres (España). La evaluación de estas estaciones depuradoras ha puesto en relieve la necesidad de la existencia de este tipo de infraestructura, el impacto debido a su funcionamiento en el medio y el rendimiento de la función depuradora a partir de relacionar la reducción de la carga contaminante llevada a cabo en la planta y los consumos realizados para ello.

Abstract

Current demand for freshwater management from ecological and economic point of views requires the assessment of human activities over water resources and the impact of urban water cycle. An essential part of the urban water cycle is the waste water treatment plants (WWTP). In Spain, in compliance with the Water Framework Directive, it has been installed waste water treatment plants in small populations, where the need for an efficient and sustainable management, both economically and environmentally, is more essential. This premise of efficient and sustainable management has motivated this research. We propose a management assessment framework based on the Water Footprint and Carbon Footprint as indicators of the affection of waste water treatment plant in the environment and its efficiency in the optimization of resources. The objective of the research is the development of a methodology that allows the evaluation both of the efficiency of the own treatment and of the pollution produced in the operation of the system. For this, the present work shows a broad review of the application of the Water Footprint and the Carbon Footprint in WWTP, together with a proposal of the potential that represents the implementation of a joint methodology as the element of analysis and management of the Urban cycle of water, particularized in the waste water treatment. This review draws the conclusion of the suitability of the water footprint and carbon footprint as indicators of environmental impact and efficiency in the operation of a wastewater treatment plant lies in the appearance simplicity of its language and in providing a structured way And coherent to quantify the use of water and pollution throughout the purification process and through different scales, such a way that facilitates the understanding of the relationship between water uses and their impact on the environment. In the present work, the assessment of the environmental impacts of productions and consumption is examined using the "Water Footprint" (WF) and the "Carbon Footprint" (CF). On the one hand, the WF is an indicator of freshwater use that quantifies the indirect as well as the direct water use of a consumer or producer. On the other hand, CF measures the total amount of greenhouse gas emissions that are directly or indirectly cause by an activity. In case of a WWTP, both indicators are efficient tool for evaluating the overall water sustainability. To integrate these indicators in the management of a WWTP, a methodology focused on the WF and CF is developed. The proposed methodology of the joint assessment was applicated in four treatment plants located in the region of La Vera, located in the province of Cáceres (Spain). The evaluation of these treatment plants with the proposed methodology has alleviated the need for the existence of this type of infrastructure, the impact due to its operation in the environment and the performance of the purification function from the reduction of the pollutant load in the plant and the consumptions made for it.

Índice general

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS **1**
1.1. Introducción 3
1.2. Marco normativo. Situación actual de la depuración de aguas residuales en Extremadura 4
1.3. Evaluación ciclo urbano a partir de indicadores ambientales 7
1.4. Objetivos 10
1.5. Estructura de la tesis 11

2. FAMILIA DE HUELLAS. Revisión del estado de la cuestión **13**
2.1. Concepto «Familia de Huellas» 15
2.2. Concepto de Huella Hídrica 16
2.2.1. Concepto Agua Virtual 16
2.2.2. Concepto Huella Hídrica 17
2.3. Evaluación Huella Hídrica. Metodología WFA 18
2.3.1. Objetivo y alcance 19
2.3.2. Cuantificación huella hídrica de un producto 19
2.3.3. Cuantificación huella hídrica de un proceso 23
2.3.3.1. Huella hídrica azul 23
2.3.3.2. Huella hídrica verde 24
2.3.3.3. Huella hídrica gris 25
2.4. Concepto de la Huella del Agua según la norma ISO 14046 26
2.4.1. Evaluación huella del agua según norma ISO 14046 27
2.4.1.1. Definición del objetivo y del alcance 29
2.4.1.2. Evaluación del impacto de la huella de agua 29
2.5. Comparación Huella del Agua definida norma ISO 14046 y Huella Hídrica de Water Footprint Network 31
2.6. Aplicación Evaluación Huella Hídrica (WFN) 32
2.6.1. Sector energético y agua 34

2.6.2. Aplicación de la Huella Hídrica en el entorno urbano 35
2.7. Aplicación de la Huella Hídrica en la fase de depuración de aguas residuales 37
2.8. Concepto Huella de Carbono 40
2.9. Evaluación Huella de Carbono. Norma 14040-14044 40
2.9.1. Fases y características del ACV 41
2.9.2. Sistema del producto para el ACV 43
2.9.3. Análisis del inventario del ciclo de vida 44
2.9.4. Evaluación del impacto del ciclo de vida 45
2.10. Aplicación Huella Carbono en la fase de depuración de aguas residuales . 46
2.11. Estudio DAFO de la aplicación conjunta de la Huella Hídrica y de la Huella Carbono 47

3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN UNA EDAR 51
3.1. Fases de la evaluación conjunta de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR 53
3.1.1. Objetivos y límites de la evaluación conjunta de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR 54
3.2. Evaluación de la Huella Hídrica 55
3.2.1. Huella Hídrica Azul 55
3.2.1.1. Consumo eléctrico 56
3.2.1.2. Evaporación 59
3.2.1.3. Productos residuales. Lodos 61
3.2.2. Huella Hídrica Gris 62
3.2.2.1. Huella Hídrica Gris sin tratamiento 62
3.2.2.2. Nuevo indicador: Huella Hídrica Gris operacional . . . 63
3.2.3. Reducción Huella Hídrica Gris 65
3.3. Huella de Carbono 67
3.3.1. Estimación de fuentes directas de emisión 68
3.3.1.1. Estimación de la emisión directa de metano 70
3.3.1.2. Estimación de emisiones de N_2O 73
3.3.1.3. Factores de conversión 74
3.4. Evaluación conjunta Huella Hídrica y Huella de Carbono 74
3.5. Datos necesarios para la evaluación conjunta. 75

4. CASOS DE ESTUDIO 77
4.1. Localización 79
4.2. Antecedentes y motivación de elección de las EDARs 80

4.3. Caudales y cargas de diseño de las EDARs 82
4.3.1. EDAR Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste 82
4.3.2. EDAR Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar 83
4.3.3. EDAR Valverde y Villanueva de la Vera 83
4.3.4. EDAR Torremenga 84
4.4. Descripción de los tratamientos de las EDARs 84
4.4.1. Procesos de tratamiento 84
4.4.2. Planos diseño planta 85
4.4.3. Instalaciones 85
4.4.3.1. EDAR grupo 1: EDAR de Villanueva de la Vera y EDAR de Cuacos de Yuste 85
4.4.3.2. EDAR grupo 2. EDAR de Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar y EDAR de Torremenga 89
4.5. Concentraciones a obtener en el efluente 91
4.5.1. Concentraciones fijadas por la normativa 91
4.5.2. Concentraciones en el medio natural 93
4.6. Datos de explotación de los años estudiados 96
4.6.1. EDAR Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste 97
4.6.2. EDAR Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar 97
4.6.3. EDAR Valverde de la Vera y Villanueva de la Vera 98
4.6.4. EDAR Torremenga 98

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 99
5.1. Introducción 101
5.2. EDAR de Cuacos de Yuste y Aldeanueva de La Vera 101
5.2.1. Evaluación de la Huella Hídrica 101
5.2.2. Evaluación de la Huella de Carbono 107
5.2.3. Evaluación de sostenibilidad 109
5.3. EDAR de Arroyomolinos de La Vera, Pasarón de La Vera y Tejeda de Tiétar 110
5.3.1. Evaluación Huella Hídrica 110
5.3.2. Evaluación de Huella de Carbono 116
5.3.3. Evaluación de sostenibilidad 118
5.4. EDAR de Valverde de La Vera y Villanueva de La Vera 119
5.4.1. Evaluación de la Huella de Carbono 125

5.4.2. Evaluación de sostenibilidad 127
5.5. EDAR de Torremenga 128
5.5.1. Evaluación de la Huella Hídrica 128
5.5.2. Evaluación de la Huella de Carbono 135
5.5.3. Evaluación de sostenibilidad 137
5.6. Comparación de las EDARs 138
5.6.1. Ratios de eficiencia 144
5.7. Evaluación del consumo eléctrico 145
5.7.1. Evaluación del consumo eléctrico por fases de depuración 145

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN 149
6.1. Conclusiones 151
6.2. Líneas futuras de investigación 154

Referencias 154

A. ANEJO DE PLANOS DE INSTALACIÓN DE LA EDAR 161

B. ANEJO DE DATOS MENSUALES DE EXPLOTACIÓN 167

C. ANEJO DE RESULTADOS MENSUALES DE LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA 183

D. ANEJO DE RESULTADOS ANUALES DE LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO 227

Índice de figuras

1.1. Evolución de conformidad con el plan de saneamiento y depuración 1995-2005. Plan Nacional Calidad Aguas 2007-2015 5
1.2. Estado depuración en España a 31 diciembre 2005. Plan Nacional Calidad Aguas 2007-2015 6

2.1. Fases de evaluación Huella Hídrica (Hoekstra,2011) 19
2.2. Distribución de la Huella Hídrica de un producto (Hoekstra, 2011) 20
2.3. Esquema método suma de procesos para obtener Huella Hídrica de un producto. (Hoekstra, 2011) 21
2.4. Esquema del método de procesos acumulados para obtener la Huella Hídrica de un producto (Hoekstra, 2011) 22
2.5. Fases de evaluación Huella del Agua según ISO 14046 28
2.6. Fases de evaluación ACV (ISO 14040, 2006) 42
2.7. Ejemplo de conjunto de procesos unitarios dentro de un sistema del producto (ISO 14040, 2006) 43
2.8. Ejemplo de impacto potencial, categoría e indicador de impacto 45

3.1. Fases de la evaluación conjunta de Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR 53
3.2. Límites de evaluación de la Huella Hídrica y de Carbono en una EDAR . 55
3.3. Evaluación de la WF_{Blue} del consumo eléctrico de una EDAR 56
3.4. Etapas de evaluación de la WF_{Blue}del consumo eléctrico de una EDAR . . 57
3.5. Indicadores basados en WF_{Grey} propuestos 62
3.6. Escenarios de vertido descritos por WF_{GreyEf} 65
3.7. Indicadores propuestos basados en la Huella Hídrica Gris 67
3.8. Indicadores propuestos basados en la Huella Hídrica Gris 68
3.9. Potenciales de emisión según tipo de tratamiento. Fuente IPCC (2016) . . 69
3.10. Valores MCF. Fuente IPCC (2016) 72
3.11. Datos necesarios para la evaluación conjunta de la WF y CF en una EDAR 75

4.1. Localización de los municipios cuyas aguas residuales son tratadas en las EDARs objeto de estudio 79
4.2. Estado depuración en España a 31 diciembre 2005. Plan Nacional Calidad Aguas 2007-2015 81
4.3. Estación de control Jaraíz de la Vera. Confederación Hidrográfica del Tajo 95
4.4. Resultados del control fisicoquímico de la Confederación Hidrográfica del Tajo para la estación de Jaraíz de la Vera para el año 2014 96

5.1. Valores medio mensuales para los años de estudio de WF_{Blue} y $WF_{GreyRaw}$ para la EDAR de Cuacos de Yuste 104
5.2. Valores anuales para los años de estudio de Huella Hídrica para la EDAR de Cuacos de Yuste 105
5.3. Valores anuales para los años de estudio de Huella Hídrica para la EDAR de Cuacos de Yuste 107
5.4. Valores anuales para los años de estudio de Huella Hídrica para la EDAR de Cuacos de Yuste 109
5.5. Valores medio mensuales para los años de estudio de WF_{Blue} y $WF_{GreyRaw}$ para la EDAR de Tejeda de Tiétar 112
5.6. Evolución Huella Hídrica mensual para la EDAR de Tejeda de Tiétar . . . 114
5.7. Valores anuales para los años de estudio de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Tejeda de Tiétar 116
5.8. Valores anuales para los años de estudio de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Tejeda de Tiétar 118
5.9. Valores anuales para los años de estudio de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Villanueva de La Vera 121
5.10. Evolución mensual de los valores de $WF_{GreyRaw}$, WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Villanueva de La Vera 123
5.11. Valores anuales de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Villanueva de La Vera 125
5.12. Valores anuales de CF para la EDAR de Villanueva de La Vera 127
5.13. Valores $WF_{GreyRaw}$ para la EDAR de Torremenga 130
5.14. Evolución mensual de los indicadores de Huella Hídrica para la EDAR de Torremenga 132
5.15. Valores anuales de la Huella Hídrica para la EDAR de Torremenga 135
5.16. Valores anuales de la Huella de Carbono para la EDAR de Torremenga . . 136
5.17. Valores anuales de $WF_{GreyRaw}$ para las cuatro EDARs 138
5.18. Valores anuales de Huella Hídrica en función de la población equivalente para las cuatro EDARs 139

5.19. Valores anuales de Huella Hídrica por metro cúbico para las cuatro EDARs 140
5.20. Valores medio de Huella por metro cúbico de agua tratada 143
5.21. Valores de EWF y ECF para las EDARs estudiadas 144
5.22. Distribución del consumo eléctrico según las fases de tratamiento en la EDAR de Cuacos de Yuste para los años 2014 y 2015 146
5.23. Consumo de agua según las fases de tratamiento en la EDAR de Cuacos de Yuste para los años 2014 y 2015 basado en el estudio de Hardy y Garrido (2010) 147

Índice de tablas

2.1. Análisis DAFO de la aplicación de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR 49

3.6. Factores de conversión para cada fuente de emisión 74

4.1. Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Cuacos 82
4.2. Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Tejeda 83
4.3. Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Villanueva 83
4.4. Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Torremenga 84
4.5. Superficie libre de las EDARs 85
4.7. Potencia instalada en las EDARs grupo 1 89
4.9. Potencia instalada en las EDARs grupo 2 91
4.11. Requerimientos en el efluente según Directiva 91/271/CEE 92
4.12. Concentración máxima y natural para cada parámetro 93
4.13. Indicadores fisicoquímicos analizados Confederación Hidrográfica del Tajo 94
4.14. Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Cuacos 97
4.15. Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Tejeda 97
4.16. Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Villanueva . . 98
4.17. Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Torremenga . . 98

5.1. Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Cuacos de Yuste 102
5.2. Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Cuacos de Yuste 106
5.3. Valores de Huella de Carbono anuales para EDAR Cuacos de Yuste . . . 108
5.4. Valores de EWF y ECF para EDAR Cuacos de Yuste 110
5.5. Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Tejeda de Tiétar 111
5.6. Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Tejeda de Tiétar 115
5.7. Valores de Huella de Carbono anual para EDAR Tejeda de Tiétar 117
5.8. Valores de EWF y ECF para EDAR Tejeda de Tiétar 119
5.9. Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Villanueva de La Vera 120

5.10. Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Villanueva de La Vera . . 124
5.11. Valores de Huella de Carbono anual para EDAR Villanueva de La Vera . . 126
5.12. Valores de EWF y ECF para EDAR Villanueva de La Vera 128
5.13. Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Torremenga . . 129
5.14. Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Torremenga 134
5.15. Valores de Huella de Carbono anual para EDAR Torremenga 136
5.16. Valores de EWFy ECF para EDAR Torremenga 137
5.17. Valores de CF por metro cúbico de agua tratada 141
5.18. Valores reducción huella hídrica gris (Gu *et al.*, 2016) para el año 2014 . . 142
5.19. Consumo eléctrico anual por fases de tratamiento en EDAR Cuacos de Yuste 146

Índice de abreviaturas

EDAR: Estación depuradora de aguas residuales
h.eq.: Habitante equivalente
DBO_5: Demanda bioquímica de oxígeno medida en 5 días en condiciones estándar [masa/volumen]
DQO: Demanda química de oxígeno [masa/volumen]

WFN: Water Footprint Network
WFA: Water Footprint Assessment
ACV: Análisis Ciclo de Vida (en inglés, LCA)
IPPC: Intergovernmental Panel on Climate Change

WF: Huella Hídrica Total en el periodo de tiempo considerado [volumen/tiempo]
WF_{Blue}: Huella Hídrica Azul total en el periodo de tiempo considerado [volumen/tiempo]
$WF_{GreyRaw}$: Huella Hídrica Gris sin tratamiento para un determinado contaminante en el periodo de tiempo considerado [volumen/tiempo]
WF_{GreyEf} : Huella Hídrica Gris operacional para un determinado contaminante en el periodo de tiempo considerado [volumen/tiempo]
ΔWF_{Grey} : Reducción Huella Hídrica Gris para un determinado contaminante en el periodo de tiempo considerado [volumen/tiempo]

Q_{raw} : Caudal de entrada de la EDAR en el periodo de tiempo considerado [volumen/tiempo]
Q_{ef} : Caudal de salida de la EDAR en el periodo de tiempo considerado [volumen/tiempo]
c_{raw} : Concentración de entrada a la EDAR del contaminante estudiado [masa/volumen]
c_{ef} : Concentración de salida a la EDAR del contaminante estudiado [masa/volumen]
c_{max} : Concentración límite para el contaminante estudiado establecida por la norma [masa/volumen]
c_{nat} : Concentración natural en el medio receptor del contaminante estudiado [masa/volumen]

CF: Huella de Carbono Total en el periodo de tiempo considerado [masa CO_2eq/tiempo]

EWF: Eficiencia de Huella Hídrica [adimensional]
ECF: Eficiencia de Huella de Carbono [masa CO_2eq/volumen]

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

El agua supone uno de los recursos naturales imprescindibles para el ser humano, no solo como fuente de vida sino como pieza fundamental para el desarrollo económico de una sociedad (UNESCO, 2015). Los recursos hídricos disponibles son limitados, se estima que solo el 0,007 % del agua existente en la Tierra es potable, y esta cantidad se reduce año tras año debido a la contaminación. Por lo tanto, es prioritario garantizar su sostenibilidad tanto en la cantidad como en la calidad adecuadas.

Un papel importante en la gestión hídrica lo conforman las políticas adoptadas en los núcleos urbanos, en las que actualmente viven más del 50 % de los seres humanos, como consecuencia del progresivo aumento de la urbanización y cambios en los sectores productivos. Mientras que, en 2003 el 74 % de la población de los países desarrollados y el 42 % de los países en vías de desarrollo residía en zonas urbanas, se espera que estos porcentajes aumenten en 2030 al 82 % y 57 % respectivamente (McDonald *et al.*, 2014). Este incremento poblacional no solo condicionará el consumo del agua, sino que también esta demanda hídrica vendrá limitada por factores económicos, climáticos y políticos (Jenerette y Larsen, 2006). Estos factores condicionan la explotación de los recursos hídricos, siendo necesario conocer y caracterizar las relaciones existentes entre ambos.

La obligación de adaptar la infraestructura urbana a estos escenarios consumidores de recursos hídricos, demanda a la ingeniería civil no solo la construcción de la infraestructura y su explotación atendiendo al cumplimiento de los criterios establecidos por la normativa, sino que es necesario una gestión del ciclo urbano del agua en la cual se optimicen los recursos y se adapte de forma sostenible con el medio. Además, se debe tener en cuenta que cualquier estrategia de desarrollo sostenible requiere del acoplamiento de los procesos tanto humanos como ecológicos en un marco coherente en el que se identifiquen las dependencias e impactos de las actividades humanas en el funcionamiento ecológico (Jenerette y Larsen, 2006).

En el caso de la gestión hídrica en entorno urbano, es necesario conocer los impactos o presiones del ser humano en el agua para llevarla a cabo de una forma eficiente y sostenible con el medio. Desde el abastecimiento hasta la depuración se necesita conocer la relación entre consumos y aportaciones del agua en el sistema, con el fin de conocer los rendimientos del mismo y el impacto de cada uno de los agentes que engloban el ciclo. De esta forma, se podrán mejorar las tecnologías que actualmente se utilizan, e integrar herramientas innovadoras para el seguimiento y la gestión del uso del agua en el entorno urbano.

1.2. Marco normativo. Situación actual de la depuración de aguas residuales en Extremadura

La Directiva 2000/60/CE, conocida como Directiva Marco del Agua y por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, es un reflejo de la demanda social existente por gestionar de forma sostenible los recursos hídricos, para así preservarlos. El objeto de la Directiva es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, aguas de transición, costeras y subterráneas en el territorio de todos los países miembros de la Unión Europea. Para ello, se promueve un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles, así como la protección frente a la contaminación de las mismas. Otro aspecto importante a destacar en la Directiva es su principio de «recuperación de costes» de los servicios relacionados con el agua, incluyendo los costes ambientales e impactos negativos sobre el medio acuático asociados, basándose en el principio de «quien contamina paga». Es decir, la Directiva europea interpela a los gestores de los recursos hídricos a un trabajo de evaluación y gestión sostenible del ciclo del agua.

En referencia a la fase de depuración en el ciclo urbano del agua, la legislación que la regula en el ámbito europeo es la Directiva 91/271/CEE, modificada por la Directiva 98/15/CE, que define los sistemas de recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por el R.D. Ley 11/1995, el R.D. 509/1996, que lo desarrolla, y el R.D. 2116/1998 que modifica el anterior. La Directiva 91/271/CEE establece las medidas necesarias que los estados miembros han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su vertido.

De forma resumida, esta Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas, en primer lugar, las «aglomeraciones urbanas» deberán disponer, según los casos, de sistemas de colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales o marinas. En la determinación de los tratamientos a que deberán someterse las aguas residuales antes de su vertido, se tienen en cuenta las características del emplazamiento donde se producen. De acuerdo con esto, los tratamientos serán más o menos rigurosos según se efectúen en zonas calificadas como «sensibles», «menos sensibles» o «normales». En concreto, en la Directiva 91/271/CEE se establece, inicialmente, el año 2005 como fecha límite para la implantación de los sistemas de tratamiento de todas las aglomeraciones. A raíz del calendario impuesto por la Directiva 91/271/CEE las actuaciones de saneamiento y depuración en aglomeraciones urbanas mayores de 2000 h.e. han sido prioritarias en España, en detrimento de las pequeñas

colectividades y poblaciones dispersas. Como consecuencia de la ejecución de las actuaciones previstas en el primer Plan de Saneamiento y Depuración (1995-2005), y de los planes regionales desarrollados por las distintas Comunidades Autónomas, el grado de conformidad con la Directiva 91/271/CEE alcanzado en España en el año 2005 era del 77 % (Figura 1.1). El porcentaje de aglomeraciones no conformes en el año 2005 se corresponde principalmente con poblaciones inferiores a 10000 h.e, siendo, en general, en poblaciones inferiores a 2.000 h.e. por debajo del 40 % - 50 % en todas las regiones españolas (Ministerio Medio Ambiente, 2007) .

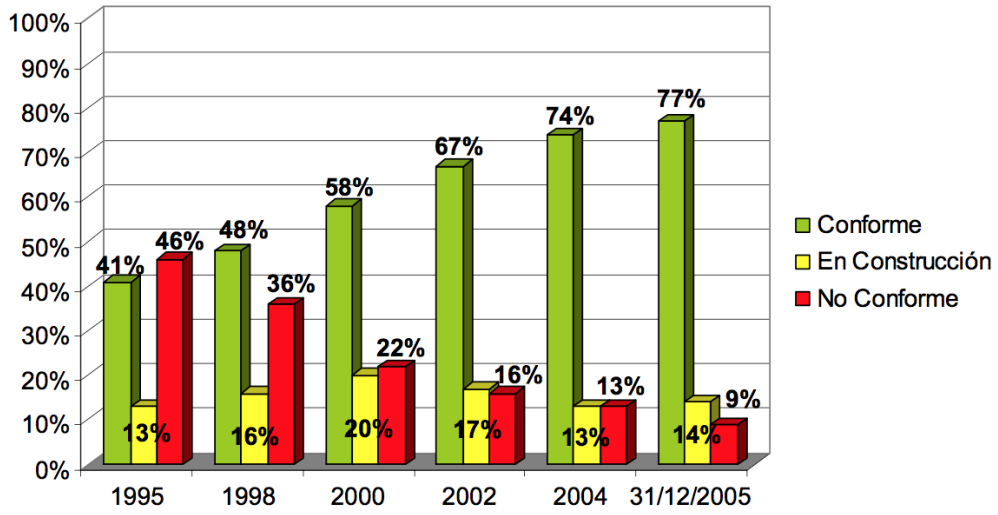

Figura 1.1: Evolución de conformidad con el plan de saneamiento y depuración 1995-2005. Plan Nacional Calidad Aguas 2007-2015

Con un 77 % de conformidad de depuración, el Plan nacional del 2007 – 2015 estableció como reto fundamental el mantener ese parque de infraestructuras para garantizar en el tiempo ese alto nivel de conformidad que tanto esfuerzo, tanto económico como de gestión, ha supuesto en estos diez años.

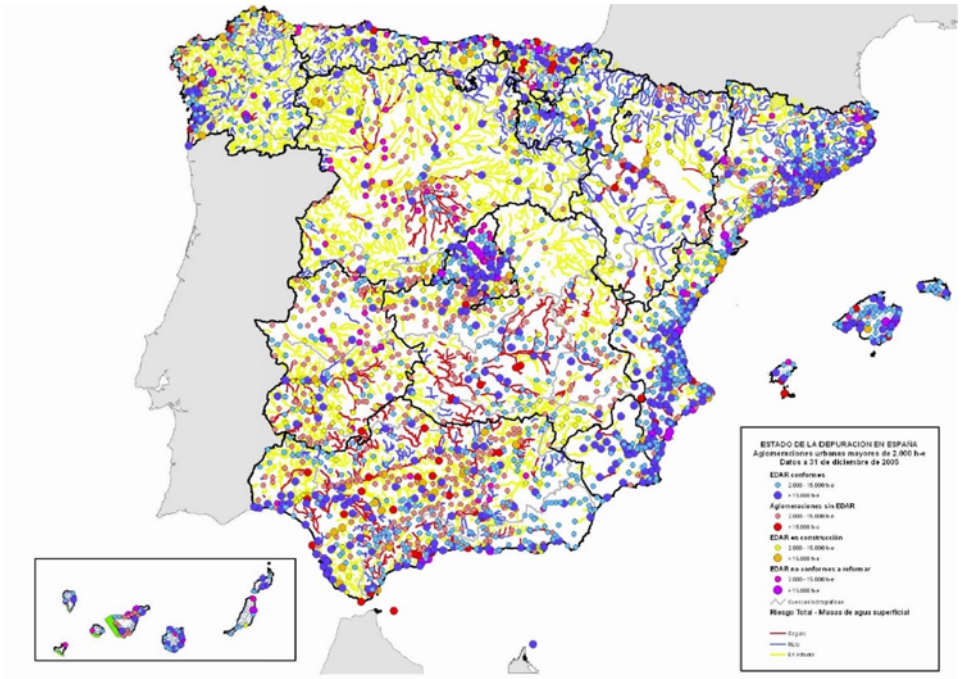

Figura 1.2: Estado depuración en España a 31 diciembre 2005. Plan Nacional Calidad Aguas 2007-2015

Uno de los problemas que no abordó directamente el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (1995 – 2005) fue la depuración de las denominadas pequeñas aglomeraciones urbanas. La definición más extendida de depuración de pequeñas poblaciones se suele circunscribir a aquellas que no superan los 10000 h.e. (Ortega de Miguel, 2010). Para esta población equivalente, la Directiva Marco del Agua exige realizar «un tratamiento adecuado». En el mapa (Figura 1.2) puede observarse que el mayor número de EDARs conformes corresponde a las mayores de 15000 h.e., y la mayor parte de las actuaciones a realizar, ya sea de construcción o en proceso, corresponden a las plantas con población equivalente entre 2000 h.e. y 15000 h.e. Las estaciones depuradoras estudiadas en esta investigación, situadas en la comarca de La Vera al nordeste de Extremadura se encuentran en esta franja de población equivalente y aparecen en el mapa como población sin EDAR. En el capítulo 4 «casos de estudio» se describe sus antecedentes y situación de forma más detallada.

El diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales en pequeñas poblaciones se ha realizado, tradicionalmente, trasladando una tecnología implantada y contrastada en medianas-grandes instalaciones a pequeñas poblaciones disminuyendo únicamente la escala de implantación respetando los criterios de dimensionamiento, los parámetros operacionales y los criterios de operación. La tecnología más ampliamente utilizada en todos los ámbitos de población es la denominada de fangos activos en sus diferentes variantes tecnológicas. Esta tecnología está largamente contrastada y sus ratios de eliminación de

materia carbonosa son muy adecuados, pero al haber sido concebidas inicialmente para aglomeraciones urbanas grandes se han mantenido criterios de dimensionamiento y operación basados en las necesidades de eliminar nutrientes en el agua tratada. Sin embargo, en las zonas rurales es donde se presentan mayores problemas en la implantación de los recursos necesarios, pues los medios disponibles son más escasos, y es en estas pequeñas poblaciones donde interesa conocer la relación entre el agua, sus usos y tratamientos, y los recursos necesarios para ello; con el fin de ajustar la gestión del agua, a la infraestructura existente y al medio económico y social en el que se encuentra.

Esta problemática fue ya identificada en 1995 cuando se abordó la redacción del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración, y fijada como objetivo a corto plazo en el Plan de Calidad de las Aguas de 2007. La insuficiencia de medios humanos y materiales para la correcta explotación y mantenimiento de las plantas depuradoras y el escaso control y seguimiento del funcionamiento de las instalaciones por parte de las autoridades competentes, es un reto en la gestión actual y futura de las infraestructuras de saneamiento y depuración para mantener su eficacia, y así rentabilizar las inversiones acometidas en estos años. Por ello, este reto, no sólo tiene un marcado carácter económico, sino también ambiental, pues puede tener consecuencias perjudiciales para el medio ambiente si no se toman medidas adecuadas, y social, pues hay que concienciar a la ciudadanía que mantener una depuradora es una apuesta de futuro por un desarrollo sostenible.

Por tanto, el Plan Nacional de Calidad de las Aguas (2007-2015) establece que una vez implantadas las exigencias en depuración por la normativa europea, se debe dar un paso más en la gestión sostenible de las infraestructuras para su adecuado acoplamiento con el entorno y las demandas funcionales del mismo, así como al medio ambiente, social y económico en el que se encuentran. Para ello, es necesario el análisis y evaluación del funcionamiento de la misma, y expresar estos resultados en una serie de indicadores simples, comprensibles y que permitan la comparación entre diferentes plantas de depuración y escenarios.

1.3. Evaluación ciclo urbano a partir de indicadores ambientales

Esta necesidad de evaluación del ciclo urbano con respecto a los nuevos escenarios sociales, climáticos y económicos ha sido resuelta por diversos autores a través de establecer sistemas de indicadores en diferentes etapas o ramas del ciclo del agua en la ciudad.

El enfoque aportado por las conocidas como «Huellas» (Family Footprint) supone una oportunidad para la evaluación de la sostenibilidad de la gestión hídrica. Del concepto de «Huella Ecológica» se han desarrollado diversos indicadores basados en él, tales como la

«Huella Hídrica» (Water Footprint en inglés, del cual tomaremos su abreviatura WF) o la «Huella de Carbono» (Carbon Footprint en inglés, del cual tomaremos su abreviatura CF)(Galli *et al.*, 2012).

Galli *et al.* (2012) señala que un solo indicador no puede explicar por sí mismo de forma exhaustiva el impacto del ser humano en el medio ambiente, pero el uso de una serie de indicadores nos aporta un marco de análisis y de toma de decisiones de un modo multidisciplinar.

El concepto de huella hídrica fue propuesto por primera vez por Hoekstra (2003) como un indicador del uso del agua en relación con el consumo de la población, expresado en volumen de agua (metros cúbicos o litro) utilizada al año. Se define como «el volumen total de agua utilizada para producir bienes o servicios consumidos por un individuo, una comunidad, una empresa o por un país, respectivamente» (Hoekstra, 2003).

La huella hídrica es un indicador multidimensional que refleja los usos directos e indirectos del agua en producción o consumo, evalúa y representa tres aspectos del uso de agua denominándolos como: «Huella Hídrica Azul» (su abreviatura en inglés WF_{Blue}), «Huella Hídrica Verde» (su abreviatura en inglés WF_{Green}) y «Huella Hídrica Gris» (su abreviatura en inglés WF_{Grey}).

Para la evaluación de la huella hídrica de un producto o servicio, la metodología más comúnmente aplicada es la propuesta por el Water Footprint Network (WFN), fundado en 2008 con el objetivo de promover el avance del concepto de huella hídrica y su aplicación a través del desarrollo de la metodología propuesta para su evaluación: Water Footprint Assessment (WFA) publicada en 2011. En el año 2015 se ha publicado la norma ISO 14046 donde se hace referencia a la «Huella del Agua» proponiendo una metodología basada en el análisis ciclo de vida.

La aplicación de la Huella Hídrica se ha orientado, hasta ahora y de forma general, a los consumos del agua, directos e indirectos, en la producción de bienes, sobre todo, en el comercio de los productos agrícolas y ganaderos en el contexto global, nacional o de producción de una empresa (Chapagain y Orr, 2009), (Jefferies *et al.*, 2012), (de Miguel *et al.*, 2015).

Una rama del desarrollo de esta metodología se ha dirigido a estudios en el entorno urbano, considerando los flujos de agua virtuales, es decir, no solo los consumos directos sino el agua indirectamente consumida en los productos exportados e importados en una ciudad (Hoff *et al.*, 2014), (Paterson *et al.*, 2015). En noviembre de 2014 ha finalizado el proyecto URBA N_WFTP - URBAN_WFTP - «Introduction of Water Footprint (WFTP) approach in urban area to monitor, evaluate and improve the water use» que se enmarca dentro del programa Central Europe. Este proyecto, llevado a cabo por nueve organizaciones europeas de cinco países - Italia, Austria, Alemania, Polonia y Hungría- busca mejorar

las tecnologías que actualmente se utilizan y para integrar las herramientas innovadoras en el seguimiento y la gestión del uso del agua de los ciudadanos, las redes de agua y sistemas de tratamiento de aguas residuales. Entre los objetivos específicos buscados con este proyecto europeo destacan el apoyo de actividades respetuosas con el medio ambiente y promover tecnologías sostenibles en la gestión de los recursos hídricos en el medio urbano, que generen beneficios económicos, medioambientales y sociales, incrementando el conocimiento transnacional sobre la gestión del agua urbana, el ahorro y las innovaciones, y para ello propone a la huella hídrica como un indicador asumible y entendible por toda la sociedad y que permite la evaluación de los usos del agua en el entorno urbano.

La visión propuesta en esta investigación se basa en la utilización de este parámetro como un indicador de la gestión del agua, centrándonos no sólo únicamente en el balance de los consumos del agua propiamente dicho y los impactos de las actividades humanas en este recurso, sino también como factor evaluador de la eficiencia en la gestión del ciclo urbano del agua (Chapagain y Tickner, 2012).

Esta investigación se centra en la fase de depuración, la aplicación de esta metodología en una EDAR se limita a los trabajos desarrollados por Shao y Chen (2013), Morera *et al.* (2016) y Gu *et al.* (2016). El primer estudio representó solo la huella hídrica azul, no evaluando la huella hídrica gris al considerar que la función inherente de una planta depuradora es la reducción de la misma. El segundo estudio es el más completo hasta la fecha de aplicación de la metodología propuesta por WFN en una EDAR, considerando diferentes escenarios de evaluación, si bien es cierto que en este estudio no se evalúa la eficiencia de la planta en función del consumo energético. El trabajo más reciente es el realizado por Gu *et al.* (2016) donde se estudia la relación entre agua y energía de nueve plantas depuradoras de China considerando su huella hídrica y huella energética como resultado de reducir el impacto ambiental que supone el vertido sin tratamiento de aguas residuales.

Por otro lado, la huella de carbono es una de las metodologías más populares utilizada para evaluar los posibles impactos ambientales causados por un producto, servicio o empresa. El método conocido como «Análisis Ciclo de Vida» es un procedimiento estandarizado (ISO 14040- 14044: 2006), que se utiliza para estimar el impacto ambiental a partir de la huella de carbono. Esta huella se define como el total de emisiones de gases de efecto invernadero que son causados directa o indirectamente en una actividad o en la producción de un producto (bien o servicio). Se mide como la masa de gas invernadero de referencia equivalente, generalmente, masa de CO_2 equivalente. Su aplicación en EDAR para estudiar el impacto de su actividad en el medio medido en forma de huella de carbono está muy extendido.

La combinación de ambas huellas como elementos de la gestión del ciclo urbano del

agua, y dentro de él, de la fase de depuración de aguas residuales, supone una novedad en el ámbito de las aplicaciones de las mismas. La utilización conjunta de diferentes indicadores de la familia de huellas en el ciclo urbano del agua, contribuye a una mejor comprensión de las conexiones entre los recursos hídricos, el desarrollo económico y los riesgos sociales y ambientales, formando parte de actividades de sensibilización, de gestión de los riesgos relacionados con el agua y del desarrollo de políticas en materia hídrica.

1.4. Objetivos

En esta premisa de búsqueda de herramientas para una gestión eficiente y sostenible del ciclo urbano del agua, esta investigación plantea una metodología basada en el uso de indicadores con los cuales caracterizar los impactos o presiones sobre los recursos hídricos debido a la actividad humana, así como los impactos ambientales y económicos que se producen al realizar las tareas propias en la gestión y explotación del ciclo urbano del agua, y en particular en la fase de depuración de las aguas residuales.
En una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) se transforma por medio de diferentes procesos, que consumen productos químicos y energía, el agua residual en agua tratada (de calidad superior), generando subproductos (principalmente residuos sólidos y emisiones gaseosas). Gracias a ello, el impacto de las emisiones de agua en los ecosistemas naturales se reduce; sin embargo, hay un aumento de los costes e impactos ambientales (Godin *et al.*, 2012). Estos costes tanto económicos como ambientales serán evaluados a partir de unos indicadores que relacionen los usos del agua con su afección al medio. El desarrollo y aplicación de esta metodología basada en la familia de huellas, hídrica y de carbono, se ha realizado en una serie de estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR) de la comarca de La Vera (Cáceres): EDAR Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste, EDAR de Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar, EDAR de Torremenga y EDAR de Valverde de la Vera y Villanueva de la Vera. Una vez cuantificadas estas relaciones entre la calidad del agua y los recursos necesarios para su tratamiento en las estaciones depuradoras de aguas residuales, se posibilita una evaluación de la eficiencia de la misma. Una vez motivada la línea de investigación y presentado el objetivo general, se concretan a continuación los principales hitos u objetivos parciales alcanzados en este trabajo:

- Desarrollar una metodología de gestión dentro del ciclo integral del agua, concretamente en la fase de depuración de aguas residuales, basada en el uso conjunto de indicadores, de tal forma que se pueda evaluar y conocer el impacto del ser humano en el medio, y los costes necesarios para preservar y mantener los recursos hídricos

en la cantidad y calidad apropiadas.

- Establecer la idoneidad de la huella hídrica y huella de carbono como indicadores del impacto ambiental y eficiencia en la explotación de una planta de depuración de aguas residuales.

- Aplicar de forma conjunta dicha metodología en estaciones depuradoras de la comarca de La Vera (Cáceres). De esta forma, se podrá evaluar y comparar el valor de las huellas en cada una de ellas, así como la eficiencia entre su función de disminución de la carga contaminante y los consumos y emisiones que realiza para poder llevarla a cabo.

1.5. Estructura de la tesis

Una vez justificada la importancia y el alcance del tema de investigación, y explicitados los objetivos perseguidos en la misma se presenta, la estructura general de esta memoria de investigación, formada por seis capítulos, la sección de referencias y dos anexos.
Al primer capítulo de «INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS», le siguen el capítulo denominado «FAMILIA DE HUELLAS.
Revisión del estado de la cuestión» donde se presenta el estado del conocimiento de las metodologías principales que se aplican en este trabajo de investigación y su idoneidad para el objetivo perseguido por la misma. Es decir, se recoge el estado de la cuestión de la huella hídrica y huella de carbono, detallándose la base teórica de estos indicadores, los antecedentes en sus aplicaciones prácticas, y haciendo especial énfasis en aquellos relacionados con su aplicación en plantas de depuración de aguas residuales.
El tercer capítulo, «METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN UNA EDAR» presenta la metodología de evaluación de la Huella Hídrica adaptada al estudio de una planta depuradora de aguas residuales, se definen dos indicadores nuevos basados en el concepto de Huella Hídrica Gris, así como la metodología para calcular la Huella de carbono. Asimismo, se desarrolla una nueva propuesta para el análisis conjunto de ambas huellas, donde poder evaluar la eficiencia de una estación depuradora. En el cuarto capítulo, «CASOS DE ESTUDIO», se realiza una descripción general de las plantas depuradoras estudiadas, se expone la información necesaria recogida en la explotación de las mismas. En el quinto capítulo «RESULTADOS Y DISCUSIÓN» se presentan, analizan y discuten los resultados obtenidos de la aplicación práctica.
Por último, en el sexto capítulo «CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN» se presentan las principales conclusiones que se derivan de este trabajo de investigación,

tanto de la propuesta metodológica como de la aplicación práctica. Además, se recogen las líneas de investigación futuras que servirían para complementar y ampliar el trabajo realizado en esta tesis doctoral.

Capítulo 2

FAMILIA DE HUELLAS.
Revisión del estado de la cuestión

2.1. Concepto «Familia de Huellas»

El marco de evaluación de gestión del ciclo urbano de agua con respecto a los nuevos escenarios sociales, climáticos y económicos permitirá adecuar la infraestructura existente y realizar así una gestión eficiente y sostenible del mismo. Esta metodología evaluadora debe ser comprensible y permitir el análisis de la infraestructura desde diferentes puntos de vista: ambiental, económico y social. De esta forma se podrán establecer comparaciones entre diferentes estructuras sometidas a distintas situaciones y así conocer la respuesta de las mismas y las posibles mejoras a realizar.

El enfoque aportado por las conocidas como «Familia de Huellas» supone una oportunidad, desde su sencillez y pluralidad, para la evaluación de la sostenibilidad de la gestión hídrica. Del concepto de «Huella Ecológica» se han desarrollado diversos indicadores basados en él, tales como la «Huella Hídrica» o la «Huella de Carbono» (Galli *et al.*, 2012), los cuales hacen referencia a distintas presiones o impactos de las actividades del ser humano en el medio ambiente. Galli *et al.* (2012)señala que un solo indicador no puede explicar por sí mismo de forma exhaustiva el impacto del ser humano en el medio ambiente, pero el uso de una serie de indicadores nos aporta un marco de análisis y de toma de decisiones de un modo multidisciplinar.

Las huellas de carbono y de agua que participan en la familia de huella propuesta pueden considerarse complementarias entre sí ya que cada una de ellas se centra en diferentes aspectos de las cuestiones ambientales. La familia de huellas es capaz de capturar un amplio espectro de cuestiones de sostenibilidad en relación con el uso de los recursos naturales (Fang *et al.*, 2014). Sin embargo, tal y como señala Fang *et al.* (2014) en su estudio sobre la propuesta de un indicador común, la disponibilidad de datos es un factor limitante. Además, la familia de la huella puede utilizarse actualmente para evaluar algunos impactos ambientales relevantes, pero no para evaluar la sostenibilidad ambiental. En este último sentido, es necesario no sólo la obtención del valor de las huellas sino identificar los límites sostenibles para una variedad de huellas y la relación entre ambas, de forma que se defina la familia de la huella de una manera más integral. Esto no significa que la familia de la huella sea un conjunto de indicadores totalmente inclusivo y comprensivo, ni que se considere como la única herramienta en la que deben basarse los responsables de la toma de decisiones. Sin embargo, si Europa, o cualquier otra región, va a abordar verdaderamente el desarrollo sostenible, los responsables de la toma de decisiones necesitan múltiples herramientas y conjuntos de indicadores, uno de los cuales podría ser la Familia Huella (Galli *et al.*, 2012).

Esta visión evaluadora multidisciplinar aplicada a un servicio como es la gestión del ciclo urbano del agua, proporciona, no sólo el balance de los consumos del agua propiamente dicho y los impactos de las actividades humanas en este recurso, sino también el estudio

de la eficiencia en la gestión del ciclo urbano del agua y las interacciones de ésta con el medio ambiente, social y económico.
A continuación, se definen los indicadores con los cuales se plantea el marco evaluador de la gestión del ciclo urbano del agua, huella hídrica y huella de carbono, para analizar la base conceptual de cada uno de ellos, la metodología general propuesta para su evaluación y los estudios realizados entorno a su aplicación, y más concretamente en el uso de estos indicadores en la gestión del ciclo urbano del agua, y dentro de éste en la fase de depuración de aguas residuales. Del estudio de las aplicaciones ya realizadas en la fase de depuración de las aguas residuales, se extrae las posibles debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades de la aplicación de una metodología conjunta de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en el entorno urbano como elemento de gestión del ciclo urbano del agua, y más concretamente en las plantas depuradoras.

2.2. Concepto de Huella Hídrica

El concepto de Huella Hídrica representa una oportunidad al partir de la idea de conocer el impacto o presión del desarrollo del hombre en un recurso natural como el agua. Mediante dicho indicador se mide el consumo de cualquier bien con la cantidad de agua necesaria para su producción y la capacidad de asimilación por parte de los recursos hídricos de la contaminación ocasionada a lo largo de la línea de valor del producto. La huella hídrica es un indicador que puede usarse no sólo para medir el uso directo e indirecto del agua de un producto, sino también la huella de una organización, por ejemplo, una empresa o un sector, así como también se puede aplicar a un área geográfica, por ejemplo, una cuenca o nación, o un consumidor individual o grupo de consumidores. Al proporcionar una manera estructurada y consistente de medir el uso del agua y la contaminación en toda la cadena de valor y a través de diferentes escalas, la huella hídrica proporciona un lenguaje común para todos los actores implicados en el uso del agua. Este indicador fue definido por vez primera en el año 2002 por el profesor Arjen Hoekstra, a partir del concepto de Agua Virtual creado por Allan (1998).

2.2.1. Concepto Agua Virtual

El concepto de agua virtual nace de la necesidad de indicar el papel fundamental que juegan los recursos hídricos en el comercio internacional de materias primas, principalmente los cereales. El adjetivo virtual hace referencia al hecho de que la mayor parte del agua necesaria para la producción agrícola no está contenida en el propio producto, es decir, se debe tener en cuenta los flujos de agua directos e indirectos necesarios para producir dicho producto.

La mayoría de los cálculos del agua virtual suelen estar relacionados con áreas geográficas. Si el objetivo es determinar el volumen de agua invertido por las actividades económicas en la producción de dicha área se dice que se está empleando un enfoque productor (Pellicer-Martínez y Martínez-Paz, 2016). También se suele realizar el cálculo del agua virtual desde un enfoque consumidor, que consiste en determinar el volumen de agua que se ha invertido en la generación de los productos consumidos por los habitantes de un área geográfica (Allan, 1998).

2.2.2. Concepto Huella Hídrica

El enfoque consumidor utilizando un país como área geográfica sirvió a Hoekstra (2003), apoyándose en el concepto de la huella ecológica (Moffatt, 2000; Wackernagel y Rees, 1994), para definir el de la huella hídrica.
La primera vez que aparece en la literatura el concepto de huella hídrica se define como el volumen de agua que ha sido utilizada en la producción de todos los bienes y servicios consumidos por los habitantes que viven en un país. Más adelante Hoekstra y Chapagain (2006) diferencian entre huella hídrica interna y externa. La primera es aquella que se genera dentro de un país por el consumo de agua en las actividades económicas en la producción de bienes y servicios, mientras que la externa es aquella relacionada con los bienes y servicios que se consumen dentro del país pero que han sido producidos en otros.
Reconociendo la necesidad de aprender e intercambiar sobre la huella hídrica, en 2008 siete actores de diferentes sectores -Universidad de Twente, WWF, UNESCO-IHE, Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, International Finance Corporation, Dutch Water Partnership y Water Neutral Foundation se fundó la Water Footprint Network (WFN) con el objetivo de promover la transición hacia el uso sostenible, justo y eficiente de los recursos de agua dulce en todo el mundo mediante el avance del concepto de huella hídrica y su aplicación a través del desarrollo de la metodología propuesta para su evaluación: Water Footprint Assessment (WFA). A lo largo de los años, WFN ha aportado su liderazgo en la huella hídrica en diversos foros mundiales del agua, como los Foros Mundiales del Agua, la Semana Mundial del Agua de Estocolmo, la Semana Internacional del Agua en Amsterdam, la Semana Verde Europea en Bruselas (Zhang *et al.*, 2013).
Sobre la base de sólida de del fundamento científico, WFN invita a toda la gama de partes interesadas a mejorar la gestión y gobernanza de nuestros preciosos recursos hídricos a través de la investigación, la aplicación y el desarrollo de capacidades de la metodología propuesta para la evaluación de la huella hídrica: Water Footprint Assessment (WFA).
En el apartado 2.3 de este capítulo se analiza y recoge los aspectos más destacados de esta propuesta metodológica recogida en el documento The Water Footprint Assessment Manual (2011).

El concepto de huella hídrica propuesto por Hoekstra (2003) define a ésta como «el volumen total de agua utilizada para producir bienes o servicios consumidos por un individuo, una comunidad, una empresa o por un país, respectivamente». Es decir, un indicador del uso de agua dulce que se genera en la producción de bienes y servicios, expresado en volumen de agua (metros cúbicos o litro) utilizada al año. Para simplificar su cálculo se suele descomponer en procesos que, generalmente, incorporan las dos formas de uso: consumo y contaminación.
La huella hídrica es por tanto un indicador multidimensional que refleja los usos directos e indirectos del agua en producción o consumo, evalúa y representa tres aspectos del uso de agua denominándolos como: «Huella Hídrica Azul», «Huella Hídrica Verde» y «Huella Hídrica Gris». La primera se refiere al consumo de los recursos de agua dulce (superficiales y subterráneos), siendo entendido por consumo a la pérdida de agua del cuerpo de agua de la superficie del suelo disponible en una zona de captación. Dichas pérdidas se producen cuando el agua se evapora, vuelve a otra zona de captación o el mar o se incorpora en un producto. La «Huella Hídrica Verde» se relaciona con el consumo de agua de lluvia en la medida en que no se convierta en escorrentía. Finalmente, la «Huella Hídrica Gris» se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce requerida para asimilar la carga de contaminantes indicadas en las concentraciones naturales y normas de calidad del agua existentes (Hoekstra y Mesfin M. Mekonnen, 2011). Gracias a esta diferenciación se puede conocer el origen del agua consumida y la contaminación generada, así como identifica si el uso dentro de la cadena de producción es directo o indirecto, y el agente que lo realiza.

2.3. Evaluación Huella Hídrica. Metodología WFA

La propuesta metodológica de WFN es recogida en el documento The Water Footprint Assessment Manual (2011), el cual se va a analizar a continuación, destacando los aspectos más importantes relacionados con la evaluación de un servicio como es la depuración de aguas residuales, para así recoger en el Capítulo3la metodología propuesta en esta investigación basada en el Manual referido.
La evaluación de la huella hídrica se divide en cuatro fases tal y como se observa en la Figura 2.1: establecer el objetivo y alcance de la evaluación, calcular el valor de la huella hídrica, analizar si son sostenibles las repercusiones socioeconómicas y ambientales de la misma y, si fuera necesario, plantear alternativas para reducir los posibles impactos económicos, sociales y sobre el medio ambiente. Es decir, una vez que se ha decidido qué tipo de huella hídrica se quiere calcular y se ha establecido el alcance del estudio, se evalúa cuantitativamente el valor de la misma. Para ello, se tiene que seleccionar la

metodología más adecuada para su contabilidad y buscar la información necesaria para su aplicación. Con el valor de la huella hídrica obtenido es posible realizar un análisis de sostenibilidad del mismo que sirve para decidir si es adecuado o no el uso que se está realizando de los recursos hídricos. Si resulta no sostenible se pasaría a la última fase en la que se proponen alternativas para que sí lo sea.

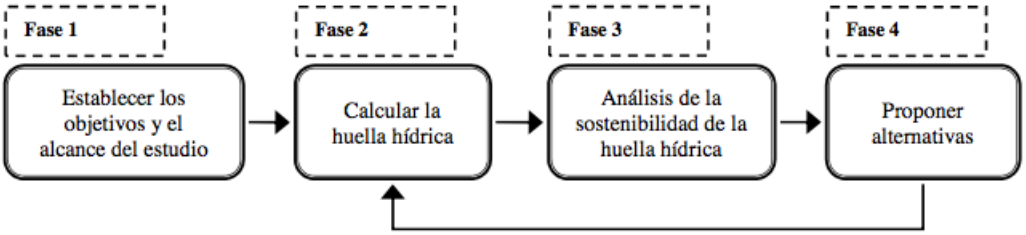

Figura 2.1: Fases de evaluación Huella Hídrica (Hoekstra,2011)

2.3.1. Objetivo y alcance

Los diferentes campos de estudio u objetivos de la evaluación de la huella hídrica son: huella hídrica de un producto o servicio, un proceso, un consumidor o grupo de consumidores, un grupo empresarial, un área geográfica o de la humanidad. Para cada objetivo el alcance del estudio puede ser diferente:

- ¿Qué tipo de huella hídrica interesa estudiar: verde, azul o gris?
- ¿Cuál es el alcance (temporal, espacial, etc.) del estudio?
- ¿Qué grado de detalle espacio-temporal es el más adecuado y viable para el objetivo perseguido?
- ¿Consumidores o productores?
- ¿Procesos internos, productos importados o productos exportados?

A continuación, se presenta cómo se determina la huella hídrica verde, azul y gris de un producto o servicio, pues es el campo donde se encuentra el tratamiento de aguas residuales.

2.3.2. Cuantificación huella hídrica de un producto

La huella hídrica de un producto se define como la cantidad de agua que ha sido necesaria utilizar para poder crearlo y se calcula como el sumatorio de las huellas hídricas de los

procesos que una actividad económica ha llevado a cabo para su producción (Ercin *et al.*, 2012).

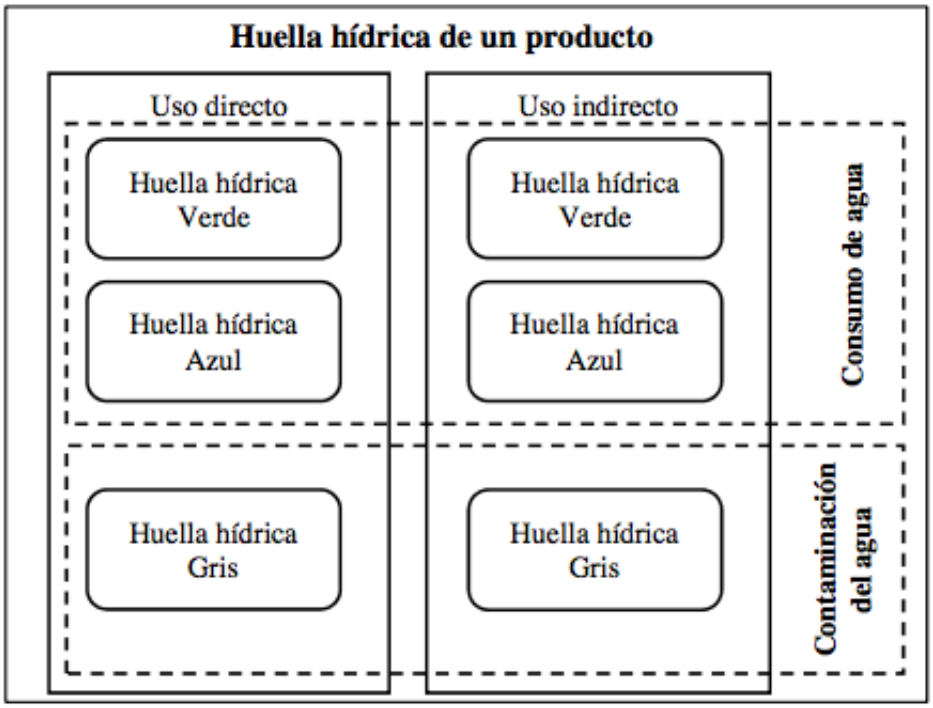

Figura 2.2: Distribución de la Huella Hídrica de un producto (Hoekstra, 2011)

Como se representa en la Figura 2.2, el valor de la Huella Hídrica de un producto se contabiliza agregando el agua que se incorpora al propio producto, entendiéndolo como consumo de agua directo, definido por Huella Hídrica Azul y/o Verde según corresponda, así como el agua contaminada directamente o Huella Hídrica Gris. Por otro lado, se calcula el uso indirecto del agua, es decir, el agua que ha sido consumida previamente en los productos empleados en su elaboración o el agua utilizada en los diferentes procesos de su cadena de producción, con los colores según corresponda su origen.
Si bien el concepto general que se acaba de exponer es el mismo para el cálculo de todos los tipos de producto, existen variantes que dependen, fundamentalmente, del sector que se esté tratando; no se emplea el mismo método para el cálculo de la huella hídrica de un producto industrial que para un producto agrícola. Además del sector, la información disponible también influye en el método que se emplea, sobre todo en el sector industrial; si se conoce el volumen de agua que se utiliza en cada uno de los procesos por unidad de producto creado, es preferible utilizar el método denominado suma de procesos, y si no, el método que se tiene que emplear se denominada procesos acumulados.

Método suma de procesos

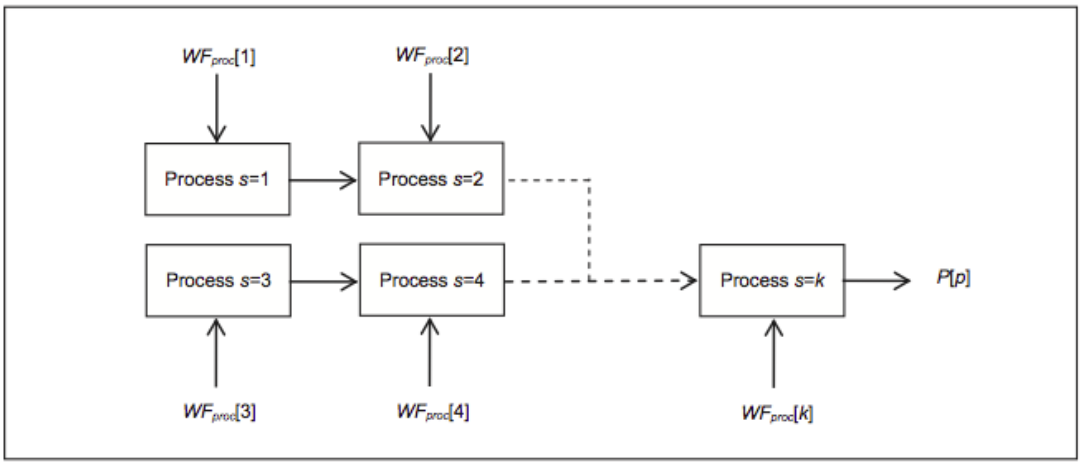

Figura 2.3: Esquema método suma de procesos para obtener Huella Hídrica de un producto. (Hoekstra, 2011)

En la Figura 2.3 se representa el método suma de procesos para obtener la Huella Hídrica de un producto según WFA. Este método es más sencillo de aplicar que el de procesos acumulados y se emplea si todos los procesos crean un único producto. En este caso, las huellas hídricas de los procesos se atribuyen exclusivamente a dicho producto. La expresión 2.1 corresponde a este método:

$$WF_{prod} = \frac{\sum_{s=1}^{k} WF_{proc}[s]}{P[p]} [volumen/ud] \tag{2.1}$$

Donde WF_{proc} es la huella hídrica de un proceso de la cadena de producción (volumen/tiempo), P es la cantidad de producción de un producto p (unidad/tiempo). Por lo tanto, la huella hídrica de un producto es la suma de las huellas hídricas de los procesos más relevantes divido por la cantidad producida.

Método de procesos acumulados

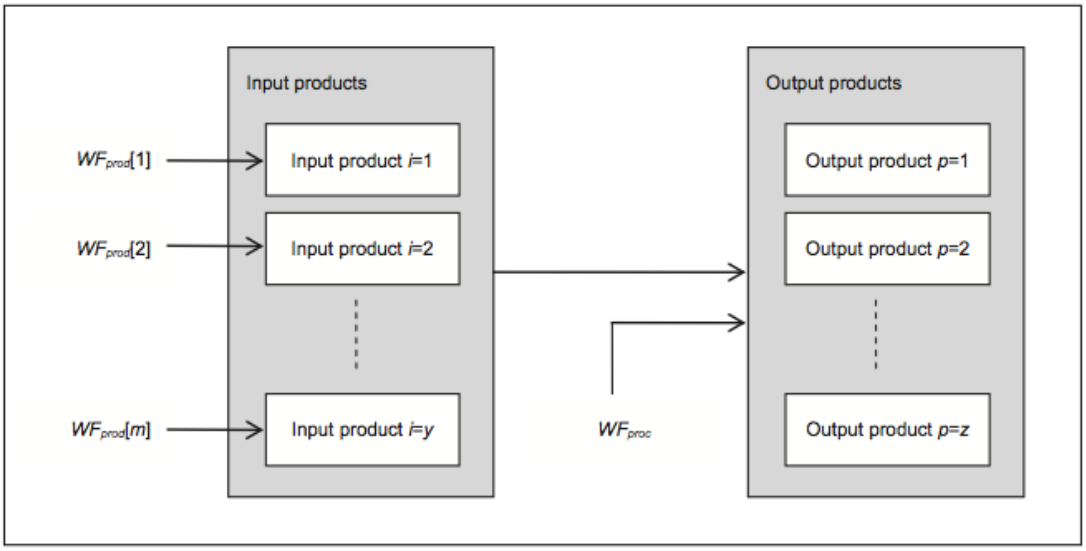

Figura 2.4: Esquema del método de procesos acumulados para obtener la Huella Hídrica de un producto (Hoekstra, 2011)

En los casos donde un mismo proceso sirve para crear más de un producto se debe aplicar el método de procesos acumulados que divide las huellas hídricas de los procesos entre los diferentes productos que se han creado (Figura 2.4). Este método consiste en la suma acumulada de la huella hídrica de todos los productos que se han utilizado para crear el nuevo producto, más aquella que se ha generado en el proceso de fabricación del mismo. Como en este método se tiene en cuenta que un mismo proceso se utiliza en más de un producto, la huella hídrica de éste se debe dividir proporcionalmente entre los diferentes productos que genera. La expresión 2.2 corresponde a este método:

$$WF_{prod}[p] = \left(WF_{proc}[p] + \frac{\sum_{i=1}^{y} WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p]\,[volumen/ud] \tag{2.2}$$

La huella hídrica de un producto p (WF_{prod}) de salida de una cadena de producción le corresponde una parte proporcional, definido por f_p, de la huella hídrica de cada producto i de entrada, y otra parte proporcional de la huella hídrica de los procesos realizados en dicha producción. El último factor de corrección (f_v) permite asignar según la importancia de los productos de salida mayor o menor proporción de huella hídrica de los productos de entrada.

2.3.3. Cuantificación huella hídrica de un proceso

Por tanto, para evaluar la huella hídrica de un producto o servicio (WF_{prod}) es necesario calcular la huella hídrica azul, verde o gris de los diferentes procesos o fases (WF_{proc}) de la cadena para realizar dicho producto. La huella hídrica indica el consumo y la contaminación de agua dulce que se genera en la producción de bienes y servicios. Para simplificar su cálculo se suele descomponer en procesos que, generalmente, incorporan las dos formas de uso, consumo (verde y azul) y contaminación (gris).

2.3.3.1. Huella hídrica azul

La huella hídrica azul (2.3) se genera al consumir agua procedente de los recursos hídricos por los tres mecanismos descritos anteriormente: evaporación, agua incorporada a un producto y pérdidas de retorno a una cuenca diferente de la que proceden. Los procesos más comunes que consumen este tipo de agua son la evaporación de agua en infraestructuras (embalses y canales) y los suministros a actividades económicas: abastecimiento, regadío, industria, etc.

$$WF_{proc,blue} = WF_{blue}Evap + WF_{blue}Incorp + Pérdidas\,[volumen/tiempo] \tag{2.3}$$

$WF_{proc,blue}$: huella hídrica azul de un proceso [volumen/tiempo]
$WF_{blue}Evap$: huella hídrica azul debida a la evaporación [volumen/tiempo]
$WF_{blue}Incorp$: huella hídrica azul por la incorporación de agua a un producto [volumen/tiempo]
$Pérdidas$: Volumen de agua no retornada a la cuenca en un periodo de tiempo [volumen/tiempo]

La unidad de la Huella Hídrica Azul de un proceso es volumen por unidad de tiempo. Cuando se divide la cantidad de un producto según las fases de producción, la huella hídrica del proceso puede obtenerse como volumen por unidad de producto.
En el WFA (Hoekstra, 2011)se recoge los datos necesarios para el cálculo de la $WF_{proc,blue}$, según sea el proceso productivo: industrial o agricultura. En el caso de un proceso industrial, cada componente de la $WF_{proc,blue}$, puede medirse directa o indirectamente. Generalmente, el agua evaporada no se mide directamente, pero puede obtenerse a partir de estimaciones. De forma ideal, la base de datos disponible debe contener el agua consumida para diferentes procesos de manufacturación. Sin embargo, en la mayoría de las bases de datos el consumo de agua está limitado a conocer el agua extraída o de abastecimiento. WFA señala que la mejor fuente para obtener el agua consumida en un proceso es de fuentes regionales o locales. Esta dificultad en la existencia y acceso de bases de datos

completas lleva a diferencias en la consideración de la Huella Hídrica, sobre todo la indirecta asociada al consumo energético de un proceso. En el apartado 2.6.1 se analiza la Huella Hídrica en el sector energético.
Además de los tres mecanismos de generar huella hídrica azul – evaporación, incorporación y retorno a otra cuenca- existen otras dos acciones que influyen en la la huella hídrica azul. Estas dos acciones son la reutilización y los trasvases entre cuencas hidrográficas. Centrándonos en el primero, la reutilización se puede realizar de dos formas: que el retorno sea utilizado en la misma actividad económica o que esté sea utilizado en otra. El primer caso se suele dar en el sector industrial en el que habitualmente dos procesos pueden compartir la misma agua, lo que hace que se reduzca la huella hídrica de la actividad económica. En el segundo caso, la reutilización se realiza en otro sector, como suele suceder con los retornos de abastecimiento que se utilizan en el regadío. En estas situaciones se tiene que estudiar con detalle cómo se asigna a cada actividad la huella hídrica que le corresponde. Por tanto, la reutilización puede ser una herramienta para reducir la Huella Hídrica si efectivamente reduce el consumo de Huella Hídrica Azul o reduce la Huella Hídrica Gris, tal y como se indica en el apartado 2.3.3.3.

2.3.3.2. Huella hídrica verde

La huella hídrica verde es el consumo de agua verde por parte de un proceso productivo y cuyo valor coincide con la evapotranspiración que se produce en los cultivos, plantaciones y pastizales, así como con el agua incluida en los productos cosechados, tal y como se indica en la expresión 2.4.

$$W_{proc,green} = WF_{green}Evap + WF_{green}Incorp\,[volumen/tiempo] \tag{2.4}$$

Donde:
$WF_{proc,green}$: huella hídrica verde un proceso [volumen/tiempo]
$WF_{green}Evap$: huella hídrica verde debida a la evapotranspiración [volumen/tiempo]
$WF_{green}Incorp$: huella hídrica verde por la incorporación de agua a un producto [volumen/tiempo]

El valor del agua que consume la evapotranspiración es, en general, considerablemente mayor respecto al agua incluida en los productos. Por ello, esta última se desprecia y sólo queda como huella hídrica verde la evapotranspiración de las plantas cultivadas. Para su cálculo, WFA recoge en el apartado 3.3.4 (Hoekstra, 2011)(Arjen Y. Hoekstra, 2011) la estimación de la huella hídrica verde en el crecimiento de un cultivo.

2.3.3.3. Huella hídrica gris

El concepto de Huella Hídrica Gris, que sirve para indicar el grado de contaminación que un proceso realiza sobre una masa de agua (Hoekstra, 2011), se define como la cantidad de agua necesaria para diluir los contaminantes vertidos a niveles tales que se cumpla con los criterios de calidad estipulados en la legislación (Franke *et al.*, 2013). El valor de la huella hídrica gris que se genera en un proceso de vertido, ya sea éste puntual o difuso, se calcula con la expresión 2.5, con la cual se obtiene un valor de huella hídrica gris cuyas unidades son homogéneas con el resto de huella hídrica (volumen/tiempo):

$$WF_{proc,grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} [volumen/tiempo] \tag{2.5}$$

Donde:
L: carga contaminante [masa/tiempo]
c_{max}: concentración máxima aceptable [masa/volumen]
c_{nat}: concentración natural [masa/volumen]

La concentración natural en el medio receptor es el valor del parámetro contaminante correspondiente que se mediría si la masa de agua no se viese afectada por las actividades del ser humano. Si la concentración natural no puede ser estimada, puede simplificarse a cero, aunque dicho valor no suele ser nulo. La razón de utilizar la concentración natural en el medio receptor frente a la concentración actual existente, es debido a que se debe entender a la Huella Hídrica Gris como un indicador de la capacidad de asimilación del medio receptor. Esta capacidad de asimilación depende obviamente del contaminante, de la actual concentración y del tiempo, pero, para cada parámetro contaminante, puede describirse a través de la huella hídrica gris, como el volumen necesario para asimilar la carga de vertido hasta los límites fijados por la normativa. La huella hídrica gris depende, por tanto, de los estándares de calidad del medio receptor, esto es debido a que los valores que pueden ser admisibles en una masa de agua pueden no serlo en otra.
Generalmente los contaminantes del efluente se encuentran en la masa de agua que lo recibe, y la carga contaminante (L) se calcula multiplicando el caudal vertido (Efl) por la diferencia entre la concentración del contaminante en el efluente (c_{efl}) y la concentración del mismo en la masa de agua (c_{nat}). Para estos casos, la Ecuación 2.5 para el cálculo de la huella hídrica gris quedaría según la Ecuación 2.6:

$$WF_{proc,grey} = \frac{Efl \times (c_{efl} - c_{nat})}{c_{max} - c_{nat}} [volumen/tiempo] \tag{2.6}$$

Tal y como se señala en WFA, una huella hídrica gris mayor que cero no implica automáticamente que los estándares de calidad estén siendo sobrepasados, solo muestra la

parte de capacidad de asimilación que ha sido consumida realmente. Así, un valor menor indica que será necesario un menor volumen de agua para la autodepuración del medio receptor. Es decir, la huella hídrica gris es un indicador de la dureza de la contaminación en el agua, expresado en términos de volumen de agua dulce requerida para asimilar la carga contaminante existente.

2.4. Concepto de la Huella del Agua según la norma ISO 14046

En el año 2015 se ha publicado la norma ISO 14046 (AENOR, 2015) donde se hace referencia a la «Huella del Agua» proponiendo una metodología basada en el análisis ciclo de vida. Esta Norma define la huella de agua como la métrica o métricas con las que se cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua. En el caso de que los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua, no hayan sido evaluados integralmente, el término «huella de agua» solamente puede utilizarse si está acompañado por un calificativo. Un calificativo es una o varias palabras adicionales utilizadas en conjunto con el término «huella de agua» para describir la categoría o las categorías del impacto estudiadas en la evaluación de la huella de agua, por ejemplo: huella de agua por escasez¸ huella de agua por eutrofización. Es decir, el planteamiento fundamental de esta norma es la focalización en los impactos relacionados con el uso del agua evaluados dentro del ciclo de vida, por lo que según donde esté situado el foco de atención se hablará de un impacto u otro. La Norma ISO 14046 establece en su introducción las ventajas o ayudas que puede proporcionar la evaluación de la huella de agua en la gestión de la misma:

- Evaluar la magnitud de impactos ambientales potenciales relacionados con el agua identificar oportunidades para reducir los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua asociados con productos en varias etapas de su ciclo de vida, así como con procesos y organizaciones

- Facilitar la eficiencia del agua y la optimización de la gestión del agua al nivel de productos, procesos y organización.

- Informar a quienes toman decisiones en la industria, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales de sus impactos ambientales potenciales relacionados con el agua (por ejemplo, para propósitos de planificación estratégica, establecimiento de prioridades, diseño o rediseño de productos y procesos; toma de decisiones sobre inversiones de recursos).

- Proporcionar información coherente y fiable con base en evidencia científica para dar el informe de los resultados de la huella de agua.

Esta norma internacional especifica los principios, los requisitos y las directrices relacionados con la evaluación de la huella de agua de productos, procesos y organizaciones basándose en el análisis del ciclo de vida (ACV). Se entiende, por tanto, la evaluación de la huella de agua como la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales ambientales relacionados con el agua utilizada o afectada, por un producto, un proceso, o una organización. El resultado de la evaluación de la huella de agua es un valor individual; o un perfil de los resultados del indicador del impacto. Sin embargo, la comunicación de los resultados de la huella de agua, por ejemplo, en forma de etiquetas o declaraciones, como señala la norma está fuera del campo de aplicación de la misma.

2.4.1. Evaluación huella del agua según norma ISO 14046

La evaluación de la huella de agua trata el impacto ambiental potencial o los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua asociados con un producto, proceso u organización. En esta norma internacional el término «producto» incluye servicios. La aplicación de la perspectiva del ciclo de vida a la huella de agua del producto conduce a métodos que revelan toda la cantidad de agua dulce necesaria para producir un producto. Esto comprende el uso del agua en el proceso de fabricación, así como el agua utilizada en procesos de fondo tales como la extracción de materias primas, la producción de materiales o la generación de electricidad.
Una evaluación de la huella de agua de acuerdo con la norma ISO 14046 debe incluir las cuatro fases del análisis del ciclo de vida tal y como se muestra en la Figura 2.4.1: definición del objetivo y alcance, análisis del inventario de la huella de agua, evaluación del impacto de la huella de agua y por último la interpretación de los resultados.

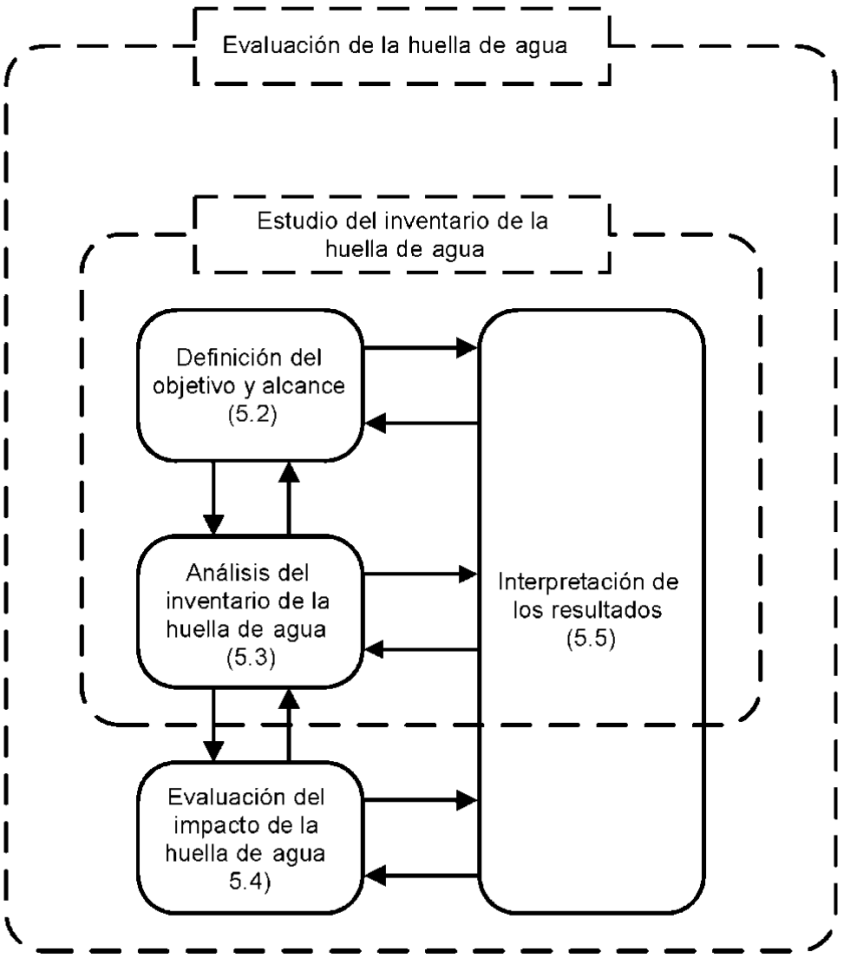

Figura 2.5: Fases de evaluación Huella del Agua según ISO 14046

Por tanto, la evaluación de la huella de agua realizada de conformidad con la Norma ISO 14046:

- Se basa en el análisis del ciclo de vida (de acuerdo con la Norma ISO 14044).
- Es modular (por ejemplo: huellas del agua de diferentes etapas del ciclo de vida pueden sumarse para representar el resultado de la huella de agua).
- Identifica el impacto o los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua.
- Incluye dimensiones geográficas y temporales pertinentes. - Identifica la cantidad de consumo de agua y los cambios en la calidad del agua.

2.4.1.1. Definición del objetivo y del alcance

Al definir el objetivo de la evaluación de la huella de agua, se deben declarar las aplicaciones previstas, las razones para efectuar el estudio, el público objetivo, si el estudio es una evaluación única e independiente o forma parte de un análisis del ciclo de vida, y si el estudio forma parte del análisis del ciclo de vida donde está prevista una aseveración comparativa. El alcance de la evaluación de la huella de agua debe ser coherente con el objetivo de la evaluación de la huella de agua. Al definir el alcance del estudio, los siguientes elementos se deben considerar y describir claramente:

a) sistema bajo estudio y límites del sistema

b) unidad funcional

c) definición y cobertura geográfica y temporal del estudio

d) datos y requisitos de calidad de los datos

e) metodología de evaluación del impacto de la huella de agua, y las categorías de impacto seleccionadas

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios deben incluirse dentro de la evaluación de la huella de agua y deben de indicar si es que la huella de agua se determinará para un producto específico, proceso u organización. Si la huella de agua se va a determinar para un producto, se deben aplicar los requisitos y directrices de la norma ISO 14044 sobre los límites del sistema.
Se deben tomar decisiones respecto qué procesos unitarios incluir en el estudio y el nivel de detalle bajo el cual se deben estudiar estos procesos unitarios.
Los procesos unitarios que están incluidos en el análisis del inventario de la huella de agua deben estar claramente identificados.

2.4.1.2. Evaluación del impacto de la huella de agua

La evaluación del impacto de la huella de agua debe cumplir con la Norma ISO 14044 (AENOR, 2006a). Una vez realizados los cálculos del inventario según los procedimientos descritos para el ACV descrito en la Norma ISO 14044 de la misma forma que para el cálculo de la huella de carbono, que se encuentra en el apartado 2.9 del presente capítulo. En ningún caso, en el desarrollo de la ISO 14044 se recoge una descripción detallada de la metodología a aplicar, es decir, no ofrece expresiones para la evaluación de la huella del agua, a diferencia de la metodología propuesta por WFN.
En general, la entrada total de agua dulce en un sistema de producto se conoce como «uso de agua». A medida que las partes de la entrada de agua se liberan del sistema del

producto como aguas residuales, la parte restante que se ha dejado de estar disponible debido a la evaporación o la integración del producto se denomina «consumo de agua».
La Norma ISO 14046 establece que el término huella de agua solo se debe utilizar para describir el resultado o los resultados de una evaluación integral de la huella de agua. Si los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua no se evalúan integralmente, entonces el término huella de agua solo debe utilizarse con un calificativo. Se debe establecer claramente cuáles de estos parámetros están previstos para ser determinados, en la fase de evaluación del impacto del estudio.
Por tanto, a diferencia de la huella hídrica de WFN en la evaluación de la Huella del Agua según la Norma ISO 14046 se trabaja con una serie de categorías o impactos de la actividad humana en el agua. Estas categorías o conjunto de categorías en la Huella del Agua atenderán a las cuestiones que se recogen a continuación:

Huella del agua según su disponibilidad

El propósito de la huella del agua según su disponibilidad es dar una evaluación de la contribución de productos, procesos y organizaciones a los impactos ambientales potenciales relacionados con la presión en la disponibilidad del agua. Los mecanismos ambientales cubiertos por esta categoría deben describir e identificar las consecuencias previsibles de los impactos ambientales potenciales excluidos relacionados con la disponibilidad del agua. Si la huella del agua según su disponibilidad solo considera la cantidad del agua se debería llamar huella del agua por escasez.

Huella del agua según degradación

El propósito de las huellas del agua que tratan la degradación del agua es el de dar una evaluación de la contribución de productos, procesos y/o organizaciones a los impactos ambientales potenciales relacionados con la calidad del agua.
Los mecanismos ambientales cubiertos por las categorías de impacto seleccionadas para considerar la degradación del agua, por ejemplo: eutrofización acuática, acidificación acuática, eco-toxicidad acuática, o contaminación térmica.
En la norma ISO 14046 se define un nuevo concepto, el Perfil de la huella del agua. Un perfil de la huella del agua considera un rango de impactos ambientales potenciales asociados con el agua. Este concepto está compuesto con varios resultados de indicadores de categorías de impacto. Los impactos ambientales potenciales cubiertos por el perfil de la huella del agua se deben describir y las consecuencias previsibles de los impactos ambientales potenciales excluidos relacionados con el agua deben identificarse.

2.5. Comparación Huella del Agua definida norma ISO 14046 y Huella Hídrica de Water Footprint Network

Como se ha visto anteriormente, en los últimos años, el crecimiento del concepto de Huella Hídrica o Huella del Agua ha conllevado la propuesta de dos metodologías – WFA e ISO 14046 – con diferencias marcadas, pero con puntos en común donde encaminar ambas metodologías.
La diferencia principal viene en la consideración del uso del agua. Por un lado, en los estudios de Huella del Agua según el ACV tiene en cuenta los impactos ambientales y la escasez provocada por los usos del agua en la cuenca hidrográfica localizada. En cambio, la Huella Hídrica se ha desarrollado como medida volumétrica de la apropiación de agua dulce. El concepto se utiliza para evaluar el uso del agua a lo largo de las cadenas de suministro, la sostenibilidad del uso del agua dentro de las cuencas hidrográficas, la eficiencia del uso del agua, la equidad de la asignación del agua y la dependencia del agua en la cadena de suministro (Hoekstra, 2016). Dicha diferencia se observa en los siguientes puntos:

1. La escala geográfica considerada.
   La consideración de consumo del agua a escala global por parte de WFA, frente a la cuantificación del volumen de agua a nivel de presiones locales realizado por la ISO 14046.

2. La consideración de la Huella Hídrica Verde.
   La Huella Hídrica Verde puede ser de escasa información, pero debe ser cuidadosamente discutido. En el ACV no se considera dicha Huella, es decir, no realiza diferenciación entre el origen del consumo de agua dulce a diferencia del WFA donde se distingue entre Huella Hídrica Azul como el consumo de agua dulce propiamente dicho, y Huella Hídrica Verde como el consumo de agua dulce llevada a cabo por el terreno.

3. La escasez de agua es inducida por la competencia por este recurso.
   El uso de agua en una situación ya escasa es más perjudicial, ya que el sistema se encuentra en un estado más crítico y, por lo tanto, argumentamos que el indicador de desempeño ambiental debe incluir las condiciones locales actuales, ya que está más cerca de la realidad.

4. «Water Stress Index», la métrica de escasez de agua más citada en la comunidad ACV, carece de interpretación física significativa.
   La interpretación física se da como la cantidad de agua que los usuarios aguas

abajo carecen en función del consumo de agua. Sin embargo, no es el resultado de un modelo físico, sino una ecuación empírica.

5. La consideración de Huella Hídrica Gris.
   El concepto de Huella Hídrica Gris no se utiliza en el ACV porque representa una cuantificación teórica de la contaminación del agua. En cambio, durante la fase de evaluación de impacto, el ACV proporciona un impacto ambiental (eutroficación, calentamiento global, etc.) sobre la masa del agua, pero pierde el carácter indicador de la capacidad de asimilación del medio receptor que aporta la Huella Hídrica Gris.

Aún con diferencias en la consideración de cómo reflejar el uso del agua y su implicación geográfica, la similitud entre los enfoques de la huella hídrica y huella del agua se basa en un objetivo común: desarrollar métodos y herramientas que permitan el análisis del uso del agua y proporcionar la información necesaria para apoyar a las partes interesadas y a los responsables de la toma de decisiones en su lucha contra la escasez mundial de agua.
No obstante, sea cual sea la metodología utilizada, WFN y la norma ISO desarrollan su análisis para un producto o servicio en cuatro fases similares: objetivos y alcance del estudio, análisis de inventario, análisis de impacto e interpretación. En ambas, es necesario contextualizar el estudio y definir claramente las dimensiones temporal y geográfica, dicho proceso se realiza en la primera fase del estudio. Es decir, se tiene que especificar claramente cuál es el marco temporal para el que se realiza el análisis y la situación geográfica dónde se localiza el área de estudio, es por esta razón por la cual se considera más conveniente la aplicación de la metodología propuesta por WFN en el estudio de la fase de depuración del ciclo urbano del agua.
Por tanto, la metodología de ACV y WFA son complementarias, sobre todo en la fase de interpretación y formulación de propuestas de mejora, de tal forman que podrían complementarse mutuamente para evaluar la sostenibilidad del uso de agua dulce y su impacto de una manera más integral (Boulay *et al.*, 2013).

2.6. Aplicación Evaluación Huella Hídrica (WFN)

La evaluación de la Huella Hídrica es un campo de investigación multidisciplinar emergente, evidenciado por el número cada vez mayor de publicaciones y las aplicaciones dispares donde se han realizado. Todos estos estudios de evaluación de la huella hídrica proporcionan una base de discusión tanto en el sector público como en el privado sobre el uso y la asignación de recursos ambientalmente sostenibles, económicamente eficientes y socialmente equitativos y también pueden constituir un punto de partida para las evaluaciones locales más profundas de los impactos ambientales, sociales y económicos del uso

del agua.
En los primeros estudios realizados por Chapagain y Hoekstra (2003 y 2004), la Huella Hídrica fue analizada a escala de país en base a la primera acepción previamente mostrada de su definición, estimándose el flujo de agua virtual del agua azul —ríos, lagos y acuíferos—, en relación con el comercio de los productos agrícolas y de los productos ganaderos (Chapagain y Orr, 2009; Jefferies *et al.*, 2012; Ercin *et al.*, 2012; de Miguel *et al.*, 2015). Posteriormente, se han ido desarrollando nuevas metodologías de cálculo de la huella hídrica, incluyendo nuevos parámetros y formas de consumo de agua; los cuales han facilitado el estudio de la huella hídrica en ámbitos territoriales regionales y municipales, (Hoekstra y Mesfin M. Mekonnen, 2011; Hoff *et al.*, 2014), así como escenarios futuros de consumo de agua como por ejemplo en Europa o China (Ercin y Hoekstra, 2016; Zhuo *et al.*, 2016). En 2010, a partir de las exigencias de la Directiva Marco del Agua (2000), el gobierno español promulgó un reglamento para incorporar la evaluación de la huella hídrica en el proceso de desarrollo de planes de gestión de cuencas hidrográficas (Aldaya y Llamas, 2008; Pellicer-Martínez y Martínez-Paz, 2016). En el documento *Water Footprint Assessment: Evolvement of a New Research Field* Hoekstra (2017) revisa la evolución de la evaluación de la huella hídrica en los últimos quince años. La investigación se basa en cuatro ideas básicas:

1. Este campo de investigación proporciona una dimensión global de la gestión del agua.

2. Las tasas de renovación del agua dulce son limitadas, por lo que el estudio ha permitido el desarrollo de las pautas de consumo, producción y comercio en relación con estas limitaciones.

3. El pensamiento de la cadena de suministro, poco común en la gestión del agua, puede ayudar a abordar el uso sostenible del agua desde la perspectiva de las empresas y los consumidores finales.

4. Un enfoque integral en la gestión de los recursos hídricos requiere de la consideración en el mismo marco analítico del consumo de agua diferenciado (azul y verde) y del análisis de la contaminación del agua.

Por tanto, la huella hídrica es un concepto relativamente nuevo y así como la herramienta para su evaluación. La huella hídrica es útil, ya que muestra cuándo, dónde y cómo los consumidores, los productores y los procesos y productos individuales reclaman este recurso limitado.

2.6.1. Sector energético y agua

El sector energético es clave en cualquier territorio y suele requerir de grandes cantidades de recursos hídricos para su funcionamiento. Por ello el binomio agua y energía ha sido evaluado desde la perspectiva de la huella hídrica. De la línea de investigación de esta relación entre agua y energía realizada por el propio Hoekstra y su equipo durante los últimos diez años se pueden extraer las siguientes conclusiones en lo referente a la generación de energía eléctrica: El uso del agua en el mundo es altamente insostenible en muchas regiones del mundo. Un futuro de energía sostenible se basará principalmente en la energía solar y eólica. Éste es el único modo de reducir, tanto la huella de carbono, como de agua de nuestro suministro de energía (Mekonnen *et al.*, 2015).

Los mejores escenarios energéticos de la Agencia Internacional de la Energía en términos de reducción de la huella de carbono, son los peores en términos de su aumento de huella hídrica, debido a la apuesta por la madera y los biocombustibles. Es posible reducir la huella de carbono e hídrica, pero las políticas deben cambiar radicalmente hacia la energía fotovoltaica y la energía eólica (Mekonnen *et al.*, 2015).

Este último punto es recogido en el estudio realizado por Mekonnen *et al.* (2016), siendo el estudio más reciente hasta la fecha en este campo. En él, se considera la huella total hídrica de la generación de electricidad y calor, es decir, tanto el consumo directo e indirecto del agua del producto final (huella hídrica azul y verde), y la contaminación de la misma (huella hídrica gris), y así obtener el consumo de agua en la producción de energía. Estas estimaciones del consumo de agua para la producción global de electricidad y calor, que se encuentran en la literatura, varían mucho. El consumo actual de agua para la producción de electricidad y calor oscila entre 12,9 km^3 /año según estimaciones de hasta 217 km^3 /año según lo estimado por Mekonnen *et al.* (2015). El principal motivo de la gran diferencia es que, mientras que en el segundo estudio se ha evaluado el consumo de agua a lo largo de toda la cadena de suministro y han incluido el consumo de agua relacionado con la generación de energía hidroeléctrica y la producción de madera, el primero incluyó el consumo de agua relacionado con la generación hidroeléctrica, pero no mostraron toda la cadena de suministro y tampoco incluyeron el consumo de agua relacionado con la leña utilizada en la generación de electricidad.

En este último estudio, Mekonnen *et al.* (2016) estima la huella hídrica para los cuatro escenarios energéticos previstos por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y un quinto escenario con un mayor porcentaje de energía solar para el año 2035. El escenario «más verde» de la AIE (con la menor huella de carbono) muestra el mayor aumento de la huella hídrica en el tiempo: un aumento de cuatro en el período 2010-2035. El quinto escenario energético, basado en una rápida transición a la energía solar, eólica y geotérmica y un mínimo en bioenergía, es el único escenario que muestra un fuerte descenso de

la huella de carbono (66 %) y de huella hídrica (12 %) en 2035 en comparación con el año de referencia 2010.
En España, se prevé que la combinación de recursos energéticos consuma un más 25 % en 2030 que en 2005. Sin embargo, si, en 2030, el mix energético se basara en un 37 % en energía eólica, el consumo de agua se reduciría en casi un 8 % en comparación con el mismo escenario en 2030 sin el aumento de la producción eólica. Mientras que un sector de producción de energía basado en la eólica y solar es menos intensivo en agua que cualquier otro escenario, uno basado en la biomasa (principalmente para producir biocombustibles) puede consumir más de 10 veces la cantidad de agua que una mezcla basada en combustibles fósiles, dependiendo de las materias primas utilizadas. Por lo tanto, en las zonas donde el agua es escasa, la producción local de biocombustibles no sólo reducirá la cantidad de agua disponible para la producción de energía, sino que también puede reducir el suministro de agua para otros fines, incluidos los cultivos alimentarios. Por tanto, el estudio de Rio Carrillo y Frei (2009) muestra unas conclusiones en España similares a las recogidas por Mekonnen *et al.* (2016) a nivel mundial.
El estudio realizado en 2010 por Hardy y Garrido (2010)es un referente en cuanto a la huella hídrica en la producción de energía en España y el consumo energético del sector español del agua. En él, estima un gasto energético medio del 7,0 % de la demanda energética de España en el año 2007 para el ciclo urbano del agua. El sector de la energía representa alrededor del 25 % del volumen total de agua utilizado al año (en esa estimación no está incluido el volumen de agua utilizado por centrales hidroeléctricas), no obstante, el 96 % de este volumen es de uso no consuntivo (que retorna al medio tras su uso).

2.6.2. Aplicación de la Huella Hídrica en el entorno urbano

La aplicación de la huella hídrica como un indicador para la toma de decisiones en la gestión urbana de los recursos hídricos supone un paso más en esta metodología. Esta idea es corroborada por Chapagain y Tickner (2012) al argumentar que el uso de herramientas como la huella hídrica mejoran la comprensión de los vínculos entre los recursos hídricos y el desarrollo económico, pudiéndose aportar propuestas de planificación territorial más sofisticadas e hidrológicamente sostenibles.
Entre los diversos estudios recogidos en la literatura sobre huella hídrica en medio urbano, destaca el trabajo expuesto en Jenerette y Larsen (2006), donde se señalan los factores que determinan el consumo del agua en zonas urbanas: cambios en la concentración de la población, el consumo de agua per-cápita, el clima y la proporción de agua retenida. Se utilizó una modificación de la huella ecológica con el fin de identificar los patrones de disponibilidad de agua renovables y de consumo urbano de todo el mundo entre los

años 2000 y 2015. Se expone que las reducciones en la disponibilidad de agua debido al clima pueden llegar a ser más importantes que las debidas al crecimiento demográfico o el aumento del consumo per-cápita para garantizar el suministro continuado de agua a las grandes ciudades.

En noviembre de 2014 ha finalizado el proyecto URBAN_WFTP - «*Introduction of Water Footprint (WFTP) approach in urban area to monitor, evaluate and improve the water use*» URBAN-WFTP (2014) que se enmarca dentro del programa Central Europe. Este proyecto, llevado a cabo por nueve organizaciones europeas de cinco países - Italia, Austria, Alemania, Polonia y Hungría- busca mejorar las tecnologías que actualmente se utilizan y para integrar las herramientas innovadoras en el seguimiento y la gestión del uso del agua de los ciudadanos, las redes de agua y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Entre los objetivos específicos buscados destacan el apoyo de actividades respetuosas con el medio ambiente y promover tecnologías sostenibles en la gestión de los recursos hídricos en el medio urbano, que generen beneficios económicos, medioambientales y sociales, incrementando el conocimiento transnacional sobre la gestión del agua urbana, el ahorro y las innovaciones. La metodología aplicada se basa en 3 niveles. En el primero de ellos se lleva a cabo una evaluación global de la HH de las ciudades analizadas para mejorar el conocimiento de los flujos de agua dentro y fuera de las mismas. En el segundo nivel, la ciudad se divide en áreas de usos del suelo similares, identificando puntos de acceso de la huella hídrica. Por último, se examina la Huella Hídrica a partir de la utilización de agua en edificios, haciendo más comprensible la influencia de las políticas y tecnologías locales en el uso del agua. Las áreas urbanas de estudio son los llamados *Urban Water Footprint Labs*, implementados en las ciudades de Vicenza (Italia), Innsbruck (Austria) y Wroclaw (Polonia).

En el artículo *«Methodological proposal to assess the water footprint accounting of direct water use at an urban level: A case study of the Municipality of Vicenza»*, Manzardo y Loss (2016) recoge los resultados de la aplicación de la metodología de evaluación de WFN en un área urbana como el caso del municipio de Vicenza.

A partir del análisis de los resultados de la huella hídrica, se identificaron puntos calientes relacionados con el uso del agua y estrategias de gestión para mejorar el uso del agua en el área urbana. Las conclusiones obtenidas fueron:

1. Trabajar en la infraestructura urbana limitando las pérdidas de agua en el sistema de distribución de agua y limitando el volumen de bypass de agua de lluvia. Estas soluciones ayudarían a reducir la huella hídrica azul y gris.

2. Establecer un régimen regulatorio sobre la extensión de superficies impermeables y verdes por bloque de construcción y recomendando la instalación de recolección

de agua de lluvia y tecnologías de reutilización. Esto podría ser particularmente relevante cuando se planea la construcción de nuevos edificios.

3. Entre las líneas futuras de investigación señala la idoneidad de estudiar el sistema de saneamiento y depuración, así como de integrar la contabilidad del uso del agua con una evaluación de los impactos ambientales dentro de un marco común. Esto permitiría una mejor comprensión de las consecuencias del uso del agua desde una perspectiva diferente, incluyendo las emisiones de aire y suelos que afectan la calidad del agua. Por otra parte, sería interesante extender el estudio introduciendo indicadores sociales y económicos para abordar los riesgos potenciales, como la accesibilidad y disponibilidad de los recursos hídricos para los diferentes usuarios implicados en el ciclo urbano del agua.

Por tanto, los estudios de aplicación de la huella hídrica en las ciudades manifiestan como éstas son zonas de elevada demanda y consumo de productos básicos, con implicaciones para los recursos hídricos (Paterson *et al.*, 2015). Estos estudios de aplicación de la huella hídrica se han basado en determinar el balance hídrico en relación con los flujos de agua virtuales que entran y salen de la zona urbana a través de los productos consumidos y producidos en su interior, así como los consumos reales de agua. El agua fluye virtualmente hacia y desde las ciudades a través del extenso intercambio transfronterizo de bienes y servicios, tanto las corrientes de agua virtuales como las reales se ven afectadas por las inversiones en el ciclo urbano del agua y las decisiones de planificación urbana, que influyen en el desarrollo residencial, comercial e industrial (Rushforth y Ruddell, 2015). Esta forma de conexión del agua se está reconociendo cada vez más como un aspecto importante de la toma de decisiones sobre el ciclo urbano del agua.

2.7. Aplicación de la Huella Hídrica en la fase de depuración de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es una fase importante en el ciclo del agua que permite el saneamiento y la reutilización del agua, facilita la generación de energía y permite la recuperación de los productos incorporados en los desechos producidos.
La comunidad científica ha prestado una atención significativa al tratamiento de las aguas residuales, especialmente desde el punto de vista técnico. Existe una extensa literatura sobre nuevas tecnologías, procesos y materiales para mejorar el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, se han llevado a cabo escasos estudios en el campo de la gestión (Guerrini *et al.*, 2016). Diversos autores (Molinos-Senante *et al.*, 2016; Guerrini *et al.*,

2016) han propuesto herramientas que permitan identificar con éxito los vínculos de causa y efecto entre los principales factores de rendimiento de la planta, desde el punto de vista ambiental y económico, y así permita la toma de decisiones de la misma.
La Huella Hídrica en la fase de depuración de las aguas residuales puede formar parte de esas herramientas de gestión basadas en indicadores ambientales. Hasta la fecha, la aplicación de la metodología de evaluación de la Huella Hídrica en una planta de depuración de aguas residuales se limita a los trabajos de Shao y Chen (2013), Morera *et al.* (2016) y Gu *et al.* (2016). En el primero caso, se evalúa la Huella Hídrica en términos de la suma de los costes directos e indirectos que conlleva el tratamiento de aguas residuales. Para ello, se tiene en cuenta como base el análisis de los diferentes procedimientos donde interviene el agua desde la construcción a la posible desmantelación de la planta y el coste monetario que supone el agua en cada uno de los sectores económicos de los que forman parte los diferentes aspectos que participan en el tratamiento de las aguas residuales. Es decir, se trata únicamente de la obtención de la Huella Hídrica Azul del sistema, ya que como se señala en dicho documento, el propio tratamiento de aguas residuales supone un impacto tanto ambiental como económico, aun teniendo un impacto positivo por la reducción de la Huella Hídrica Gris, objetivo intrínseco de cualquier tratamiento de aguas residuales, por lo que no realiza la evaluación de la misma. Es interesante el conjunto de índices que se propone en el estudio con la intención de revelar la eficiencia, así como la renovabilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de forma paralela a los indicadores energía neta para los sistemas de suministro de energía. Este estudio se lleva a cabo para una estación depuradora de la ciudad de Beijing. Sin embargo, hay que destacar que no se considera el tratamiento de fangos, siendo éste una parte fundamental de la depuración de las aguas residuales.
En el segundo estudio, Morera *et al.* (2016)presentan como objetivo la adopción de la metodología general propuesta por WFN para evaluar el consumo de los recursos hídricos de la EDAR, a través del análisis de la Huella Hídrica Azul. Se muestra la utilidad de la metodología propuesta para evaluar el impacto ambiental y los beneficios de la existencia de una EDAR para el río receptor a través de la evaluación del Huella Hídrica Gris para tres situaciones: sin tratamiento de las aguas residuales, con tratamiento secundario y con tratamiento terciario. Al aplicar la metodología propuesta por WFN en una EDAR situada en el noreste de España, con un caudal de tratamiento diario de 4.000 m^3/día, Morera *et al.* (2016) obtienen una Huella Hídrica de 3.600.000 m^3/día para la explotación actual con tratamiento secundario, con un requerimiento de 1,45 m^3 por cada metro cúbico de agua tratada. La EDAR en estudio redujo la huella hídrica en un 51,5 % y 72,4 % cuando se utilizó tratamiento secundario y eliminación de fósforo químico, respectivamente, para cumplir con los límites legales.

Morera *et al.* (2016)señalan la existencia de un número limitado de estudios donde se ha aplicado la WFA en el ciclo urbano del agua, y plantea la necesidad de una discusión sobre las posibilidades de aplicación de estos indicadores de la gestión de los recursos hídricos urbanos. A su vez, recoge las bondades de complementarse las metodologías de ACV y WFA, destacando las similitudes existentes entre la «Huella de Carbono» y la «Huella Hídrica Azul» al representar el impacto de los consumos energéticos de la planta, en el primer caso en la atmósfera, y en el segundo caso sobre el consumo o disponibilidad de agua. Sin embargo, el concepto de «Huella Hídrica Gris», el cual no se utiliza en el ACV, ya que representa una cuantificación teórica de la contaminación del agua, proporciona información complementaria respecto a la calidad del agua y de la eficiencia de eliminación de contaminantes en el efluente de la EDAR. Mientras que el ACV proporciona un impacto ambiental (eutrofización, el calentamiento global, etc.), el concepto HH demuestra que el impacto ambiental de las aguas residuales se reduce cuando se utiliza una planta depuradora. Por lo tanto, ambos métodos podrían complementarse entre sí en la evaluación de la sostenibilidad del uso de agua dulce y su impacto de manera más integral Boulay *et al.* (2013).

El trabajo más reciente es el realizado por Gu *et al.* (2016) donde se estudia la relación entre agua y energía de nueve plantas depuradoras de China considerando su huella hídrica y huella energética como resultado de reducir el impacto ambiental que supone el vertido sin tratamiento de aguas residuales. Define la huella hídrica gris como evaluador de la función intrínseca de las EDARs en reducir los impactos del hombre en los recursos hídricos, es decir, en disminuir la carga contaminante de las aguas residuales para su restitución al medio en los estándares de calidad requeridos.

En este estudio, se entiende la huella hídrica gris como el mínimo volumen hipotético de agua para diluir la carga contaminante hasta los valores que establece la normativa. Señala que, al inicio de la aplicación de la metodología de huella hídrica, la huella hídrica gris puede ser negativa ya que la concentración en el efluente puede ser menor o igual que los estándares de calidad del agua en el medio receptor. Por tanto, el nuevo indicador propuesto «reducción huella gris» refleja la función de la EDAR, de tal forma que se trata del volumen mínimo necesario en la planta para reducir las concentraciones del agua bruta a las concentraciones de salida.

En su trabajo, Gu *et al.* (2016)obtienen de valor promedio para nueve depuradoras de China, la huella de agua gris de 6.78m^3 se reduce cuando 1 m^3 de aguas residuales domésticas es tratada en EDAR en China en 2014. De esta forma, el nexo agua-energía en las aguas residuales puede ser cuantificado a partir de un conjunto de índices para revelar la eficiencia de la depuración de un sistema de tratamiento de aguas residuales a expensas del consumo de energía. Con base a eso, Gu *et al.* (2016)evalúan la eficiencia de la utili-

zación de energía de los nueve casos reales de plantas de tratamiento de aguas residuales en China, pudiendo afirmar que las características de las aguas residuales, las tecnologías de tratamiento y los sistemas de manejo tienen un impacto importante en la eficiencia de la utilización de energía en la reducción de la huella de agua gris a través de una EDAR.

2.8. Concepto Huella de Carbono

La huella de carbono es uno de los indicadores de impacto más populares utilizada para evaluar los posibles impactos ambientales causados por un producto, servicio o empresa. El método conocido como «Análisis Ciclo de Vida» es un procedimiento estandarizado (AENOR, 2006a,b) en las normas ISO 14040-14044 (2006), que se utiliza para estimar el impacto ambiental potencial a partir de la cuantificación de indicadores, como por ejemplo la Huella de Carbono. Esta huella se define como el total de emisiones de gases de efecto invernadero que son causados directa o indirectamente en una actividad o en la producción de un producto (bien o servicio). Se mide como la masa de gas invernadero de referencia equivalente, generalmente, masa de CO^2 equivalente.
La Huella de Carbono mide la cantidad total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son directa e indirectamente causadas por una actividad o se acumulan durante las etapas de vida de un producto Galli *et al.* (2012). Esto incluye las actividades de individuos, poblaciones, gobiernos, empresas, organizaciones, procesos industriales, etc. Los productos incluyen bienes y servicios, como sería el caso del servicio de tratamiento de aguas residuales. La Huella de Carbono se expresa como la cantidad total de gases de efecto invernadero medido en unidades de masa (kg, t, etc.) para un periodo de tiempo. Cuando sólo se incluye CO_2, la unidad es kg de CO_2; Si se incluyen otros GHG, la unidad es kg CO_2equivalentes. Éstos se calculan multiplicando la masa real de un gas por el factor de calentamiento global para este gas en particular, haciendo que los efectos del calentamiento global de diferentes GEI sean comparables y aditivos.

2.9. Evaluación Huella de Carbono. Norma 14040-14044

La norma ISO 14040 recoge los principios fundamentales del análisis del ciclo de vida (ACV), y la Norma ISO 14044 (AENOR, 2006a)detalla los requisitos para efectuar un ACV.
El ACV trata los aspectos ambientales e impactos ambientales potenciales (por ejemplo, el uso de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones) a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto.

2.9.1. Fases y características del ACV

Las cuatro fases para el estudio de ACV son similares a las descritas en WFA descritas en la Figura 2.1, tal y como se representa en la Figura 2.9.1 para el caso de ACV:

1. Definición del objetivo y el alcance
   El alcance de un ACV, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle, depende del tema y del uso previsto del estudio. La profundidad y amplitud del ACV puede diferir considerablemente dependiendo del objetivo de un ACV en particular.

2. Análisis del inventario (ICV)
   El ICV es un inventario de los datos de entrada/salida en relación con el sistema bajo estudio. Implica la recopilación de los datos necesarios para cumplir los objetivos del estudio definido.

3. Evaluación del impacto ambiental (EICV)
   El objetivo de la EICV es proporcionar información adicional para ayudar a evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida (ICV) de un sistema del producto a fin de comprender mejor su importancia ambiental.

4. Interpretación de los resultados
   La interpretación del ciclo de vida es la fase final del procedimiento de ACV, en la cual se resumen y discuten los resultados del ICV o del EICV o de ambos como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

El objetivo de la EICV es proporcionar información adicional para ayudar a evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida (ICV) de un sistema del producto a fin de comprender mejor su importancia ambiental.

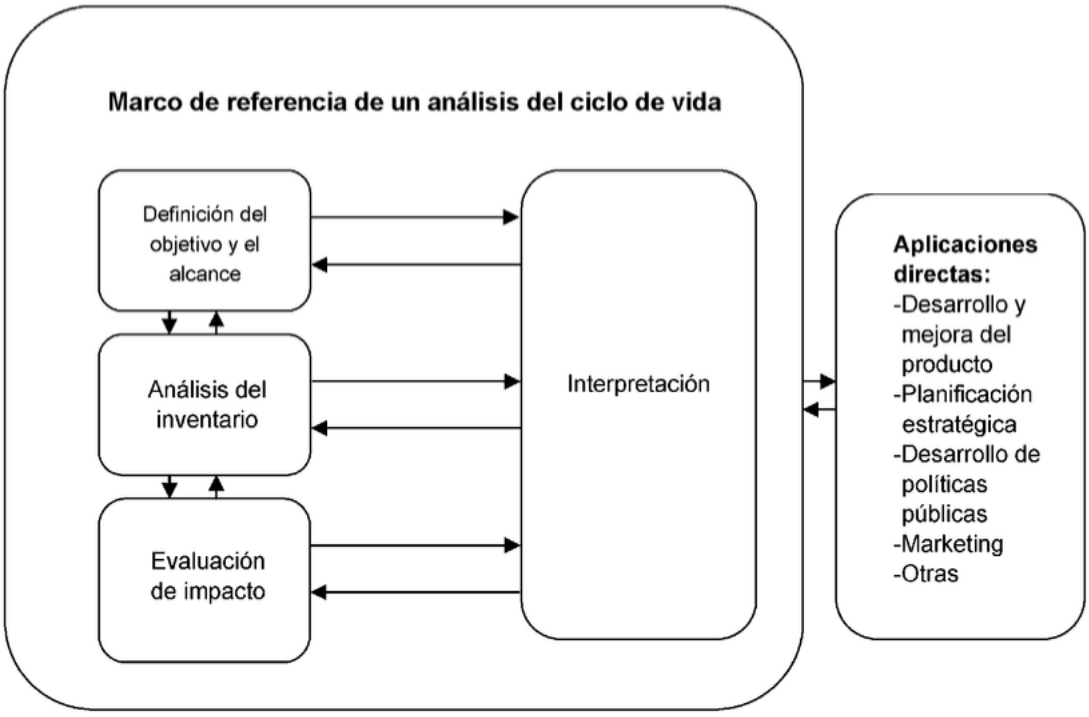

Figura 2.6: Fases de evaluación ACV (ISO 14040, 2006)

Tal y como recoge la norma ISO 14040 (2006) las características esenciales en la metodología del ACV. El ACV evalúa, de forma sistemática los aspectos e impactos ambientales potenciales de los *sistemas del producto*, término definido en el apartado posterior, desde la adquisición de la materia prima hasta la disposición final, de acuerdo con el objetivo y el alcance establecidos. El nivel de detalle y la duración de un ACV pueden variar de manera considerable, dependiendo de la definición del objetivo y el alcance.

La metodología del ACV está· abierta a la inclusión de nuevos hallazgos científicos y mejoras en el estado del arte de la técnica. La propia norma señala que no hay un método único para realizar un ACV.

En todas las metodologías propuestas, la fase de EICV proporciona una amplia perspectiva de los asuntos ambientales y de los recursos para uno o más sistemas del producto. En ella, se asigna los resultados del ICV a categorías de impacto; para cada categoría de impacto, se selecciona un indicador de categoría de impacto de ciclo de vida y se calcula el resultado del indicador de categoría. La recopilación de resultados del indicador o el perfil de la EICV proporciona información sobre los asuntos ambientales asociados con las entradas y salidas del sistema del producto.

La interpretación de ACV utiliza un procedimiento sistemático para identificar, calificar, verificar, evaluar y presentar las conclusiones basadas en los hallazgos de un ACV, a fin de cumplir con los requisitos de la aplicación como se describe en el objetivo y el alcance

del estudio. Con esta última fase se establece disposiciones para los vínculos entre un ACV y otras técnicas de gestión ambiental.

2.9.2. Sistema del producto para el ACV

El ACV define a sistema del producto como el conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeñan una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto. Y se entiende por flujo de producto los productos que entran o salen de un sistema de producto hacia otro.
En la Figura 2.9.2 se representa un sistema de un producto cualquiera donde se observa la subdivisión del mismo en diferentes fases o procesos unitarios como por ejemplo adquisición de la materia prima o reciclado. La consideración de uno u otro proceso vendrá fijado por los límites del sistema, por ejemplo, si es desde el inicio al final de la cadena será un sistema de *cuna a tumba*.
Como puede observarse en la Figura 2.9.2, los procesos unitarios se vinculan entre sí mediante flujos de productos intermedios y/o de residuos para tratamiento, con otros sistemas de producto, mediante flujos de producto, y con el medio ambiente mediante flujos elementales.

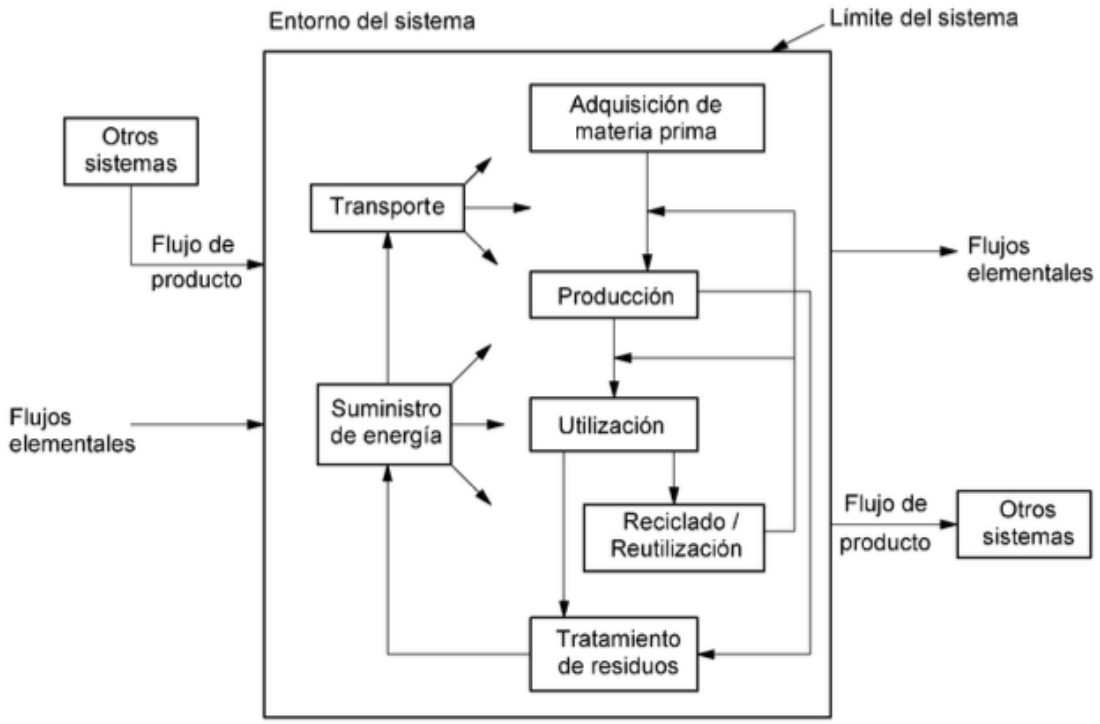

Figura 2.7: Ejemplo de conjunto de procesos unitarios dentro de un sistema del producto (ISO 14040, 2006)

La división de un sistema del producto en los procesos unitarios que lo componen facilita

la identificación de las entradas y salidas del sistema del producto. En muchos casos, algunas de las entradas se utilizan como un componente del producto resultante. Mientras que otras (entradas auxiliares) se utilizan dentro de un proceso unitario, pero no forman parte del producto resultante. Un proceso unitario también genera otras salidas (flujos elementales y/o productos) como resultado de sus actividades. El nivel de detalle del modelado que se requiere para satisfacer el objetivo del estudio determina los límites de un proceso unitario. Los flujos elementales incluyen la utilización de recursos y las emisiones al aire, y los vertidos al agua y al suelo asociados con el sistema. Estos datos son el resultado del ICV y constituyen la entrada para la EICV.

Unidad funcional
Un término clave en el ACV es la unidad funcional. La unidad funcional define la cuantificación de las funciones identificadas del producto. El propósito fundamental de una unidad funcional es proporcionar una referencia a la cual se relacionan las entradas y salidas. Se necesita esta referencia para asegurar que los resultados del ACV son comparables. El carácter comparativo de los resultados de los ACV es particularmente crítico cuando se están evaluando sistemas diferentes, dado que hay que asegurar que estas comparaciones se hacen sobre una base común.

2.9.3. Análisis del inventario del ciclo de vida

El análisis del inventario implica la recopilación de los datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema del producto. La realización de un análisis de inventario es un proceso iterativo. A medida que se recopilan los datos y se aprende más sobre el sistema, se pueden identificar nuevos requisitos o limitaciones, que requieran cambios en los procedimientos de recopilación de datos, de manera que aún se puedan cumplir los objetivos del estudio. Algunas veces, se pueden identificar algunos asuntos que requieren una revisión del objetivo o del alcance del estudio.

Recopilación y cálculo de datos
Los datos para cada proceso unitario dentro de los límites del sistema pueden clasificarse bajo grandes categorías:

- las entradas de energía y de materia prima.
- los productos, coproductos y residuos.
- las emisiones al aire, los vertidos al agua y suelo.

La recopilación de datos puede ser un proceso intensivo en materia de recursos. Las limitaciones prácticas en la recopilación de datos deberían tenerse en cuenta en el alcance y documentarse en el informe del estudio.
Después de la recopilación de datos, los procedimientos de cálculo incluyen la validación de los datos recopilados, la relación de los datos con los procesos unitarios y con la unidad funcional.

2.9.4. Evaluación del impacto del ciclo de vida

La fase de evaluación de impacto de un ACV tiene como propósito evaluar cuán significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del ICV. En general, este proceso implica la asociación de los datos de inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías para entender estos impactos.
Los *impactos potenciales* estudiados en el ACV vienen definidos por las *categorías de impacto*, definida como la clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida.
La cuantificación de cada categoría se realiza a través de un *indicador de impacto*. Para poder convertir el resultado del análisis del inventario del ciclo de vida asignado a la unidad del indicador de categoría se utiliza el *factor de caracterización*.
El nivel de detalle, la selección de impactos evaluados y las metodologías utilizadas dependen del objetivo y del alcance del estudio.

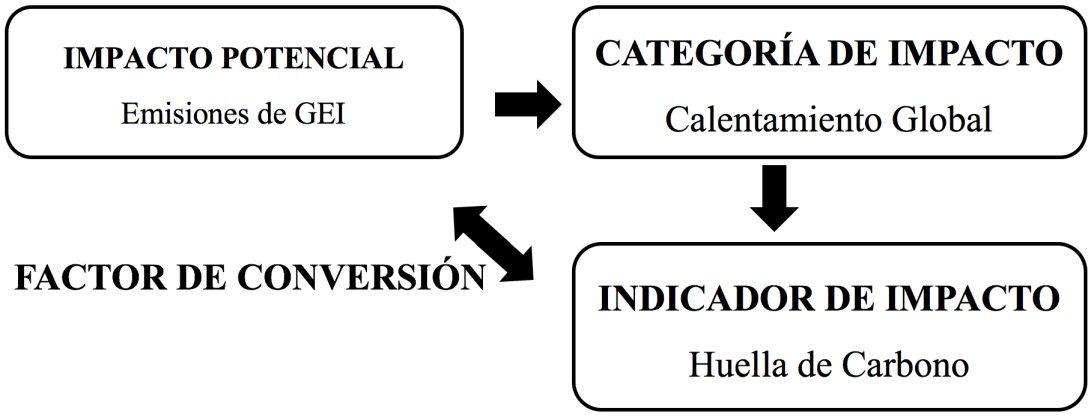

Figura 2.8: Ejemplo de impacto potencial, categoría e indicador de impacto

Así, por ejemplo, tal y como se muestra en la Figura 2.8 con el ACV se puede evaluar el impacto potencial de las emisiones de efecto invernadero producidas en el ciclo de vida de un producto. Para ello, y una vez recogidos los datos necesarios para su cálculo en

el ICV, en la fase de EICV dicho impacto será clasificado como la categoría de impacto de calentamiento global, cuyo indicador es la Huella de Carbono medida como masa de CO_2 equivalente emitida por unidad de tiempo. Para poder cuantificar las emisiones de los diferentes gases recopiladas en el ICV con el indicador común de Huella de Carbono, se estable una serie de factores de conversión, obtenidos a partir de modelos de caracterización propios o desarrollados por otros autores, que permitirán expresar las emisiones de los diferentes GEI como masa de CO_2 equivalente.
Del análisis de este ejemplo, puede concluirse que una de las limitaciones más importantes del EICV, es que no hay metodologías aceptadas de manera general para asociar de forma coherente y exacta los datos de inventario con los impactos ambientales potenciales. Los modelos de categorías de impacto se encuentran en diferentes etapas de desarrollo.

2.10. Aplicación Huella Carbono en la fase de depuración de aguas residuales

La evaluación del ciclo de vida dentro del campo de tratamiento de aguas residuales se aplicó por primera vez en la década de los noventa. Se trata de una metodología ampliamente extendida en su aplicación en estaciones depuradoras de aguas residuales, ya sea para conocer los impactos ambientales de su funcionamiento o en la búsqueda de técnicas de depuración ambientalmente más sostenibles. La bibliografía existente es muy extensa (Hospido *et al.*, 2004, 2008; Risch *et al.*, 2014), incluida una revisión del estado del conocimiento (Corominas *et al.*, 2013). En ella se revisan cuarenta y cinco documentos sobre la aplicación del ACV en las plantas de tratamiento de aguas residuales. En dicho estudio se mostró que dentro de las limitaciones de las normas ISO, existe variabilidad en la definición de la unidad funcional y los límites del sistema, la selección de la metodología de evaluación del impacto y el procedimiento sigue al pie de la interpretación de los resultados.
En el estudio *«Benchmarking wastewater treatment plants under an eco-efficiency perspective»* (2016) de Lorenzo-Toja *et al.* (2016), se busca utilizar el ACV como el método de evaluación del impacto ambiental junto con un método de evaluación del valor del sistema para el análisis económico, el CCV (Coste del Ciclo de Vida, en inglés «Life Cycle Costing») para definir la ecoeficiencia de la gestión en una planta de aguas residuales.
En él se analiza un conjunto de veintidós plantas de tratamiento de aguas residuales en España donde, en lo que respecta al ACV se utilizaron dos categorías de impacto: el calentamiento global y el potencial de eutrofización. En lo referente al calentamiento global, con su indicador ambiental, la huella de carbono se obtuvo en este estudio unos resultados que oscilan entre 0,084 y 0,514 kg CO_2 eq / m^3, con un promedio de 0,253 kg

CO_2 eq / m^3 para el conjunto total de EDAR.
En cuanto a los diferentes sistemas de plantas presentes en el estudio, en términos de tratamiento biológico, las plantas con lechos bacterianos, es decir, sistemas de biomasa conectados obtuvieron mejores resultados (0,139 kg de CO_2 eq / m^3) que aquellas con unidades convencionales de fangos activos (biomasa en suspensión) con un valor medio de 0.278 kg CO_2 eq / m^3. Los resultados demostraron que se pueden observar diferencias sustanciales entre diferentes EDARs dependiendo de una amplia gama de factores tales como la configuración de la planta, el tamaño de la planta o incluso los límites legales de descarga.
Por tanto, las plantas de tratamiento de aguas residuales contribuyen a la conservación del ambiente acuático circundante eliminando los contaminantes del agua de las aguas residuales. Sin embargo, tienen impactos ambientales sustanciales durante su ciclo de vida debido al consumo de energía, uso de químicos, generación de lodos y emisiones de gases que deben ser evaluados a partir de metodologías como el Análisis Ciclo de vida donde identificar el impacto potencial de su funcionamiento.

2.11. Estudio DAFO de la aplicación conjunta de la Huella Hídrica y de la Huella Carbono

Los conceptos de Huella Hídrica y de Carbono se complementan perfectamente, que junto a la Huella Ecológica, define la propuesta de «Familia Huellas» (Galli *et al.*, 2012). Si se utilizan aisladamente, cada uno de los indicadores considerados en este documento es capaz de captar una gama limitada de la complejidad del desarrollo sostenible. En cambio, el trabajar conjuntamente con Huella Hídrica y Huella de Carbono representa una base cuantificable y racional para comenzar las discusiones y desarrollar respuestas sobre los límites del consumo de recursos naturales y de agua dulce, las emisiones de gases de efecto invernadero y sobre cómo abordar la sostenibilidad del uso del capital natural en todo el mundo.
Los dos indicadores seleccionados para evaluar la fase de depuración de las aguas residuales urbanas se caracterizan por la capacidad de representar las consecuencias ambientales de las actividades humanas, aunque se basan en diferentes cuestiones ambientales (Fang *et al.*, 2014). La huella de carbono aborda la cuestión del cambio climático, a partir de la cuantificación de los gases de efecto de invernadero emitidos; la huella hídrica se relaciona con la cuestión de la cantidad y calidad del agua dulce.
En ambos casos, se promueve una perspectiva de la cadena de suministro. El análisis para un producto o servicio se desarrolla en cuatro fases similares: objetivos y alcance del estudio, análisis de inventario, análisis de impacto e interpretación, tal y como se recoge

en los apartados 2.3y 2.9 del presente documento.
Sin embargo, también hay diferencias sustanciales en cuanto a las consideraciones geográficas, la existencia de estudios precedentes aplicados a una EDAR y la categorización del impacto.

Consideraciones geográficas
Para una emisión de carbono no es importante dónde suceda, pero para una huella hídrica sí importa. Una emisión de carbono en un lugar puede ser compensada por la reducción o secuestro de emisiones de carbono en otro lugar, lo cual no es cierto para el agua, no se puede reducir el impacto local del uso del agua en un lugar ahorrando agua en otro lugar.

Aplicación en la fase de depuración de aguas residuales
La metodología WFA y su aplicación en la agricultura y varios productos industriales son bien conocidos. Sin embargo, hay un número limitado de estudios sobre su aplicación en el ciclo del agua urbana, particularmente en las infraestructuras de agua y de aguas residuales, no ocurriendo así con el Análisis Ciclo de Vida.

Categorización del impacto
Durante la fase de evaluación de impacto, al evaluar la sostenibilidad de una operación de EDAR, el análisis de Análisis Ciclo de Vida proporciona un impacto ambiental, referido en la Huella de Carbono. Sin embargo, el concepto de huella de hídrica demuestra que el impacto ambiental de las aguas residuales se reduce cuando se utiliza una EDAR porque la huella de agua gris se reduce.
Por último, tal y como señalan Morera *et al.* (2016) cuando se comparan diferentes tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, algunas veces el disponer sólo de un valor para comparar (es decir, la huella hídrica) puede ser una ventaja con respecto a los estudios de Análisis Ciclo de Vida, que siempre ofrecen diferentes categorías (eutrofización, huella de carbono) donde se crea un problema multicriterio, en el que la mejor solución depende de los pesos asignados a cada una de las bases de datos de inventario / categoría. Por tanto, el uso conjunto de evaluación de la huella hídrica y el análisis de ciclo de vida debe realizarse bajo la premisa de una simplificación en los indicadores de impacto ambiental obtenidos para este último, trabajando al mismo nivel para la comparación de huellas exclusivamente.
De la revisión del estado del conocimiento recogido anteriormente, se extraen las posibles debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades (Tabla 2.1) de la aplicación de la metodología de la Huella Hídrica propuesta por WFN y el ACV con el indicador de Huella de Carbono en una estación depuradora de aguas residuales.

Tabla 2.1: Análisis DAFO de la aplicación de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR

DEBILIDADES	**AMENAZAS**
Gran cantidad de datos necesarios.	Complejidad en el análisis.
Algunos consumos son difícilmente cuantificables.	Metodologías en desarrollo.
Variedad en las consideraciones a tomar para el cálculo.	Simplificación excesiva de los resultados.
FORTALEZAS	**OPORTUNIDADES**
Conocer los impactos positivos y negativos que provoca el propio sistema en el medio.	Valorar el papel fundamental de una EDAR en el medio ambiente.
Aplicación para toma de decisiones presente y futura.	Sistema específico a la problemática.
Conocer la eficiencia en el uso de los recursos.	Gestión eficiente y optimizada de la EDAR.

En la Tabla 2.1 se presentan algunas de las debilidades que presenta la evaluación de estos indicadores conocidos como Huellas. Tanto la huella hídrica y la huella de carbono no son más que unos indicadores en el amplio tema de la asignación y uso eficiente de los recursos naturales. La evaluación no es más que una herramienta para comprender las relaciones complejas entre las sociedades y los recursos naturales, pero con limitaciones que vienen fijadas de la dificultad y complejidad de la toma de datos, su debilidad o falta de ellos puede llevar a sobreestimaciones y el continuo desarrollo de las metodologías. Por lo tanto, la evaluación de cada uno de ellos es una herramienta parcial, la rápida adopción de la misma como un indicador integral puede conllevar el riesgo siempre existente de una simplificación excesiva. Dicho esto, la evaluación conjunta propuesta en esta investigación es una herramienta útil para cuantificar y localizar los impactos producidos en el medio, evaluar la eficiencia del uso de recursos e identificar opciones para promover una gestión más eficiente y sostenible de una EDAR.

Capítulo 3

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN UNA EDAR

3.1. Fases de la evaluación conjunta de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR

Para evaluar la huella hídrica de un producto, el Water Footprint Network (WFN) ha desarrollado una metodología (Water Footprint Assesment) que caracteriza los impactos sobre el agua de una actividad (Hoekstra, 2011). Así mismo en el año 2015 se ha publicado la Norma ISO 14046 de evaluación de la Huella del Agua. De ambas metodologías se ha optado por la propuesta por WFN pues presenta mayor recorrido de aplicación. En cuanto a la huella de carbono, la evaluación se llevará a cabo a partir de la aplicación establecida en la norma ISO 14040 (2006).
Tanto la metodología de la huella hídrica (Figura 2.1)como la de la huella de carbono (Figura 2.9.1) establece cuatro fases o pasos en su evaluación: objetivo y alcance, evaluación de huellas y recopilación de datos, análisis de sostenibilidad y recomendaciones.

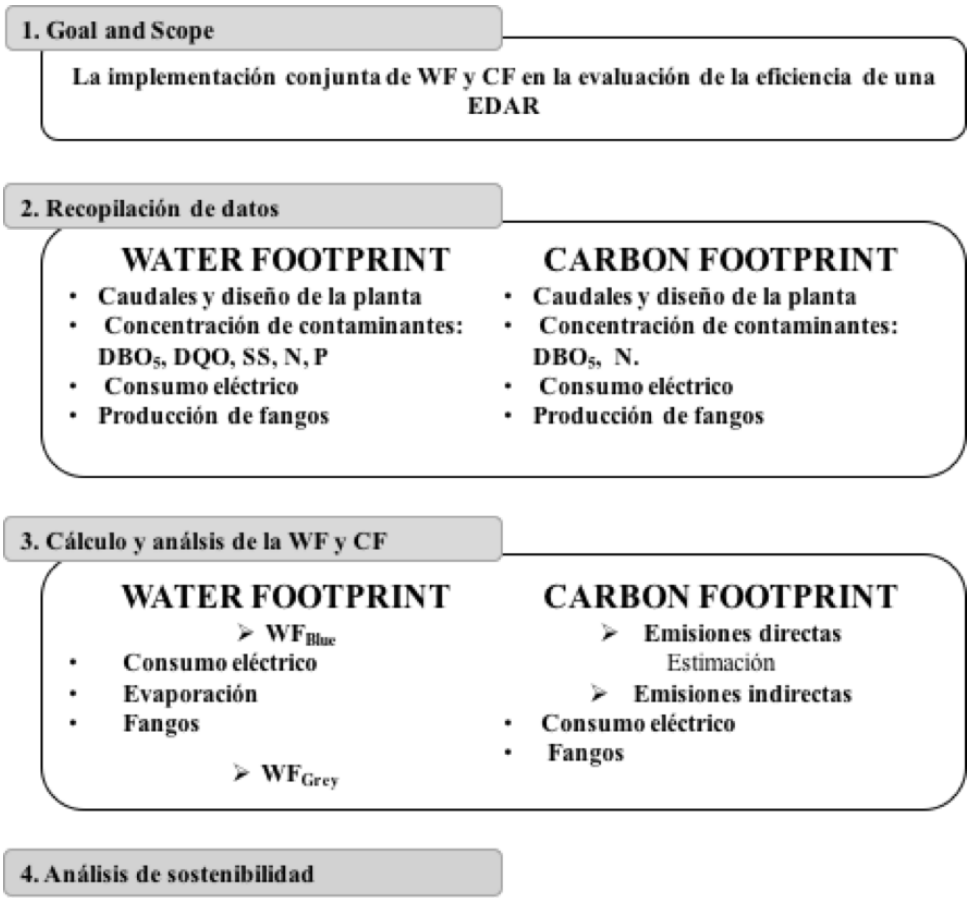

Figura 3.1: Fases de la evaluación conjunta de Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR

Si lo aplicamos al estudio conjunto de ambas huellas en una planta de depuración (Figura 3.1) tendremos: La primera fase consistente en definir el objetivo y el alcance de la evalua-

ción. En la segunda fase, es la adaptación de las metodologías a una EDAR y establecer los datos necesarios. En la tercera fase, se evalúa la huella hídrica y huella de carbono. Finalmente, en la cuarta fase, se realiza un análisis de sostenibilidad y de la eficiencia a partir de la evaluación de las huellas del sistema analizado.

3.1.1. Objetivos y límites de la evaluación conjunta de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en una EDAR

El objetivo de este estudio es la aplicación conjunta de la huella hídrica y de carbono, como indicadores de su impacto ambiental y los beneficios de la existencia de la misma en la descarga al medio. De esta forma, se podrá evaluar la eficiencia del tratamiento con respecto al cumplimiento de su función de disminución de la carga contaminante y los consumos y emisiones que realiza para poder llevarla a cabo. En el presente trabajo se evalúa la huella hídrica y de carbono en una EDAR con las mismas fases o etapas de la línea de agua: pretratamiento, tratamiento primario y secundario de fangos activos, e igual gestión de los lodos deshidratados, aplicación en parcela agrícola. La evaluación se ha realizado en la fase de explotación de la EDAR, según se indica en la Figura 3.1.1. Como se muestra en ella, los límites del sistema estudiado incluyen las diferentes etapas de la EDAR (pretratamiento, tratamiento secundario, espesamiento de lodos y centrifugado de lodos), el consumo energético, el tratamiento de lodos fuera de la planta, evaporación de agua de la planta y la concentración de contaminantes a la entrada a la salida de la planta. Como una primera aproximación, se señala qué huellas indican los diferentes aspectos a considerar. Así, la Huella Hídrica Azul (WF_{Blue}) indicará el consumo de agua debida al consumo energético de la planta, el volumen de agua evaporada y el volumen de agua incorporada a los fangos, como subproducto del sistema. En cuento a la Huella Hídrica Gris (WF_{Grey}) será estudiada con las concentraciones contaminantes en el afluente y efluente de la planta. Con la Huella de Carbono (CF) se valora las emisiones directas y las emisiones indirectas, estas últimas debidas al consumo eléctrico, los fangos producidos y el transporte y aplicación de los mismos en una parcela agrícola. La unidad fundamental, es decir, parámetro de referencia para poder realizar la comparación de las huellas entre las diferentes plantas, considerada es el caudal del afluente, pues es el considerado en el diseño de las mismas.

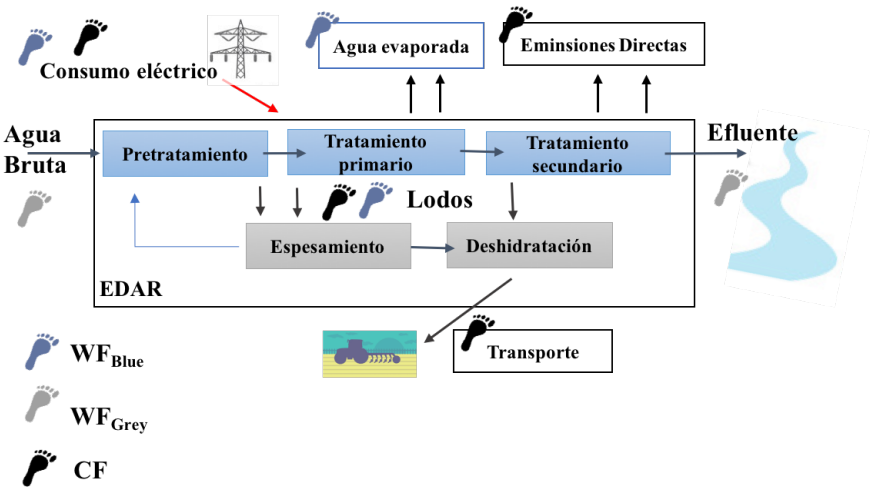

Figura 3.2: Límites de evaluación de la Huella Hídrica y de Carbono en una EDAR

3.2. Evaluación de la Huella Hídrica

La expresión general (3.1) de Huella Hídrica (WF) de una EDAR, entendida como el volumen de agua consumido durante un periodo de tiempo (m^3/tiempo), está compuesta por la azul (WF_{Blue}), verde (WF_{Green}) y gris (WF_{Grey}), siendo esta última la más importante por el carácter del servicio y aquella que nos va a aportar mayor información de nuestra gestión de la planta.

$$WF = WF_{Blue} + WF_{Green} + WF_{Grey} \tag{3.1}$$

En una EDAR convencional de fangos activos, como es el caso de estudio, la huella verde no es evaluada, ya que en este tipo de tratamiento no se produce un volumen significativo de agua superficial no transformado en escorrentía.

3.2.1. Huella Hídrica Azul

En una EDAR, el agua azul se entiende como el volumen consumido en los procesos relacionados con las diferentes operaciones unitarias existentes en una EDAR (productos químicos, consumo de energía, gestión de residuos, transporte y tratamiento de lodos), y que se incorpora en el producto final, así como la incorporada en subproductos como son los lodos obtenidos en la depuración. Por ejemplo, el consumo de productos químicos y energía tiene una huella hídrica azul asociada debido al agua incorporada durante la producción de los mismos.

En esta investigación se ha considerado la huella hídrica azul asociada al consumo eléctrico, no se ha considerado el consumo de químicos por la falta de disponibilidad de datos.

De la misma manera se considera como WF_{Blue} el volumen de agua eliminado en los fangos producidos por el funcionamiento de la planta depuradora y el volumen de agua evaporada en los reactores biológicos o decantadores del proceso secundario de la EDAR. Por tanto la Huella hídrica azul en una EDAR para el periodo de tiempo considerado responde a la expresión 3.2:

$$WF_{Blue} = WF_{Elect} + Volum_{Lodos} + Volum_{Evap} \tag{3.2}$$

Donde:
WF_{Blue}: Huella Hídrica Azul total [m^3/t]
WF_{Elect}: Huella Hídrica Azul debida al consumo eléctrico [m^3/t]
$Volum_{Lodos}$: Volumen de agua dulce incorporado en los lodos para el periodo de tiempo considerado [m^3/t]
$Volum_{Evap}$: Volumen de agua evaporada para el periodo de tiempo considerado [m^3/t]

3.2.1.1. Consumo eléctrico

La huella hídrica azul inherente en el consumo eléctrico se ha evaluado tanto con el factor de conversión utilizado por Morera *et al.* (2016) como con la propuesta realizada en el reciente estudio de la huella hídrica de la industria porcina (de Miguel *et al.*, 2015) tal y como se resume en la Figura 3.3.

Evaluación de WF_{Blue} del consumo eléctrico
• Factor de conversión ECOINVENT 3.0 (Morera *et al.*, 2016) $WF_{Elect} = E \times F_E$ • Adaptación de la metodología aplicada en la industria porcina española (de Miguel *et al.*, 2015) $WF_{Elect} = \sum E_i \times \frac{p\%}{100} \times W_p$

Figura 3.3: Evaluación de la WF_{Blue} del consumo eléctrico de una EDAR

Factor de conversión

El estudio realizado por Morera *et al.* (2016) evalúa la huella hídrica azul del consumo eléctrico con la aplicación de un factor de conversión (Ecoinvent 3.0), que relaciona el volumen de agua consumido en la producción de un kWh, al consumo eléctrico de la planta evaluada (3.3)

$$WF_{Elect} = E \times F_E \tag{3.3}$$

Donde:

WF_{Elect}: Huella Hídrica Azul debida al consumo eléctrico [m^3/t]

E: Consumo eléctrico total de la EDAR en el periodo de tiempo considerado [kWh/t]

F_E: Factor que relaciona el volumen de agua consumido en la producción de un kWh en España [m^3/kWh]

Evaluación por fases y sectores de producción

En el estudio de la industria porcina española de Miguel *et al.* (2015) evalúa la huella hídrica relativa a la energía eléctrica a partir de los consumos eléctricos realizados en las localizaciones de estudio en función de la fuente generadora de energía eléctrica en España. El consumo agua dulce en la producción de energía eléctrica de las principales fuentes en España se considera a partir los valores propuestos por Hardy y Garrido (2010). Así, la adaptación de esta metodología en una EDAR se lleva a cabo en las tres etapas recogidas en la Figura 3.4.

Etapas de evaluación de WF_{Blue}del consumo eléctrico
• **Etapa 1**: Consumo por fases a partir del equipamiento • **Etapa 2**: Consumo nacional de electricidad por sectores de generación de la misma para el periodo de estudio • **Etapa 3**: Consumo y uso de agua dulce por sectores de generación de energía eléctrica (Hardy y Garrido, 2010)

Figura 3.4: Etapas de evaluación de la WF_{Blue}del consumo eléctrico de una EDAR

Etapa 1: Consumo por fases de depuración a partir del equipamiento de la EDAR

En esta primera etapa se localiza y clasifica el equipamiento instalada en función de las fases de depuración: pretratamiento- tratamiento primario, tratamiento secundario, tanque de tormentas y línea de fangos. Se recoge el inventario de datos correspondiente a las potencias instaladas y los tiempos de funcionamiento de cada uno de ellos. De esta forma el consumo eléctrico es estimado es a partir de la potencia absorbida o potencia media consumida (kW), asumiendo un rendimiento del 80 % (Singh *et al.*, 2012) y el tiempo de funcionamiento (h) para el periodo de estudio considerado (3.4).

$$E_i = 0,80 \times P_i \times t_i \tag{3.4}$$

Donde:
E_i: Consumo eléctrico estimado del equipo i en el periodo de tiempo considerado [kWh/t]
P_i: Potencia instalada del equipo i [kWh]

Etapa 2: Consumo nacional de electricidad por sectores de producción para el periodo de estudio
Para poder relacionar el consumo eléctrico de la planta depuradora con el consumo de agua realizado en la producción de electricidad en España, es necesario diferenciar las fuentes de producción con las cuales se ha satisfecho esa demanda eléctrica. Este hecho no es posible conocerlo, es decir, no se tienen datos de la procedencia de la electricidad consumida en la planta. Para solventar esta carencia de datos, se estima que la demanda eléctrica de la planta se ha cubierto con las diferentes fuentes de producción del mismo modo que la demanda total del territorio nacional para el periodo de tiempo estimado. Esta cobertura de la demanda por cada sector de producción se expresa en tanto por ciento, $p\%$.

Etapa 3: Consumo de agua dulce por sectores de producción de energía eléctrica
Hasta la fecha, existen numerosos estudios en los que se estudia la huella hídrica en el sector de la producción de electricidad para diferentes escenarios (Rio Carrillo y Frei, 2009; Mekonnen *et al.*, 2015, 2016) como se ha recogido en el apartado 2.6.1. Para la estimación del agua consumida en la producción de energía eléctrica en España según las diferentes fuentes, definido como , se han considerado los valores recogidos en el estudio de Hardy y Garrido (2010).
En este estudio se diferencia la utilización de agua en centrales de generación de electricidad con su consumo directo. En el primer caso, el agua, después de haber sido utilizada en la central, es devuelta al medio ambiente, sin que cambie su estado sanitario. En el caso del consumo directo de agua en centrales de generación, el agua, después de haber sido utilizada, no puede ser devuelta al medio ambiente bien porque ha sido contaminada durante el proceso o bien porque ha desaparecido (normalmente, evaporada). Conviene recordar que, para la producción hidroeléctrica, el valor obtenido es muy elevado con respecto a las demás tecnologías. Sin embargo, el agua movilizada solo circula en turbinas, siendo nula la contaminación de esa agua. Para cada una de las tecnologías de producción, Hardy y Garrido (2010) recogen tres valores de uso del agua: valor reducido, valor estimado y valor elevado. En efecto, según la tecnología empleada y las condiciones climáticas, puede haber una variación de consumo de agua entre plantas de producción de

electricidad. El valor medio es, sin embargo, el más representativo para un estudio cuyo enfoque es España.
Los valores de volumen de agua utilizado y agua consumida recogidos en el estudio de Hardy y Garrido (2010) provienen principalmente de los autores Rio Carrillo y Frei (2009) y Linares y Sáenz de Miera (2009), quienes han estudiado en detalle la relación entre la energía y el agua para el caso de España, corroborados los valores con otros autores y/u otros países (EPRI 2002, CATF & WRA 2003, Li- nares & Sáenz de Miera 2009, Pate et al. 2007, King et al. 2008). Así como un cálculo propio de Hardy y Garrido (2010) para el caso del volumen de agua consumido en la producción en centrales hidroeléctricas.
Por tanto, la huella hídrica azul total evaluada en el consumo eléctrico de los equipos implementados en la EDAR, corresponde a la expresión 3.5:

$$WF_{Elect} = \sum E_i \times \frac{p\%}{100} \times W_p \tag{3.5}$$

Donde
WF_{Elect}: Huella Hídrica Azul debida al consumo eléctrico según la potencia absorbida de la planta [m^3/t]
E_i: Consumo eléctrico estimado del equipo i en el periodo de tiempo considerado [kWh/t]
$p\%$: Cobertura de la demanda eléctrica nacional por cada uno de los sectores de producción
W_p: Volumen de agua consumido según sectores de producción de energía eléctrica [m^3/kWh]

3.2.1.2. Evaporación

Como ya se ha mencionado en la propia definición de huella hídrica azul, debe considerarse el volumen de agua evaporado en las superficies libres de agua, en este caso, en el reactor biológico, decantador secundario y tanque de tormentas. Los métodos para estimar la evaporación desde superficies libres de agua más utilizados son: el método del balance hídrico, del balance energético, aerodinámico y método combinado balance de energía y aerodinámico (Penman, 1948). En esta investigación se ha considerado este último, por ser el que más se adapta al caso de estudio y datos disponibles del mismo, debido a que la evaporación puede calcularse utilizando el método aerodinámico cuando el suministro de energía no es un factor limitante, y aplicando el método de balance de energía cuando el transporte de vapor tampoco es limitante. Pero, normalmente, ninguna de estas condiciones se cumple, por lo que es necesaria una combinación de los dos métodos. El método de combinación es apropiado para aplicarse en áreas pequeñas con información climatológica detallada. La información requerida incluye la radiación neta, la temperatura del aire, la humedad, la velocidad del viento y la presión del aire. Cuando parte de esta in-

formación no está disponible, deben utilizarse las ecuaciones de evaporación más simples que requieren menos variables (Hopper, 2006). Por tanto, se ha evaluado la evaporación a partir del método de Penman-Monteith cuya formulación ha sido extraída del documento de la FAO sobre el cálculo de la evaporación y evapotranspiración en cultivos (Allen *et al.*, 1998). La ecuación original Penman - Monteith (3.6) define, a parir del balance de energía y considerando la influencia aerodinámica, el flujo de calor latente que representa la evapotranspiración como:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a})} \tag{3.6}$$

Donde R_n es radiación neta, G es el flujo térmico del suelo, $(e_s - e_a)$ es el déficit de presión de vapor, c_p calor específico del aire húmedo, r_s y r_a resistencias aerodinámicas, Δ pendiente de la curva de presión de vapor, λ calor latente de vaporización y γ constante psicométrica.

A partir de la ecuación 3.6, y teniendo en cuenta los datos climáticos que usualmente se disponen, la estimación de la ET0 puede ser determinada con la expresión 3.7 cuando se combinan las fórmulas encontradas para los términos aerodinámicos y de radiación, basada en la propuesta de Penman-Monteith:

$$ET_o = \frac{0,480\Delta(R_n - G) + \gamma 900/(T + 273)u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \tag{3.7}$$

Donde:

ET_o : evapotranspiración de referencia [mm día^{-1}]

R_n : radiación neta en la superficie [MJ m^{-2} día^{-1}]

G : densidad de flujo térmico del suelo [MJ m^{-2} día^{-1}]

T : temperatura media del aire a 2 m de altura [°C]

u_2 velocidad del viento a 2 m de altura [m s^{-1}]

e_s : presión de vapor saturada [kPa]

e_a : presión de vapor [kPa]

$(e_s - e_a)$: déficit de presión de vapor [kPa]

Δ : pendiente de la curva de presión de vapor [kPa °C^{-1}]

γ : constante psicométrica [kPa °C^{-1}]

Cuando los datos de la medición de la radiación no están disponibles, la radiación neta puede ser estimada como se expresa en las siguientes expresiones (3.8):

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \tag{3.8}$$

$$R_{ns} = 0,77(0,25 + 0,50\frac{n}{N})R_a$$

$$R_{nl} = 2,45 \cdot 10^{-9}(0,9\frac{n}{N} + 0,1)(0,34 - 0,14\sqrt{ed})({T_{kx}}^4 + {T_{kn}}^4)$$

$$G = 0,14(T_{monthn}) - T_{monthn-1} \approx 0$$

Donde:
R_n : radiación neta en la superficie [MJ m^{-2} día^{-1}]
R_{ns} : radiación neta de onda corta [MJ m^{-2} día^{-1}]
R_{nl} : radiación neta de onda larga [MJ m^{-2} día^{-1}]
R_a : radiación extraterrestre [MJ m^{-2} día^{-1}]
$\frac{n}{N}$: fracción relativa de insolación
T_{kx} : temperatura máxima [K]
T_{kn} : temperatura mínima [K]
G : densidad de flujo térmico del suelo [MJ m^{-2} día^{-1}]

3.2.1.3. Productos residuales. Lodos

En los procesos de depuración de aguas residuales, se han eliminado los sólidos en suspensión en dos etapas del proceso: por procesos físicos en el tratamiento primario y en el tratamiento secundario a partir de la decantación de los fóculos formados por la materia orgánica metabolizada. Realmente, la contaminación de las aguas queda retenida en los fangos extraídos, por lo tanto, los fangos suponen un subproducto del servicio de depuración evaluado. Los lodos en exceso extraídos del reactor secundario en fangos activos tiene un contenido en agua entre el 97,5 %-99,5 %, es por ello que es necesario su espesamiento y deshidratación, así como su acondicionamiento para el uso posterior de los mismos. Una vez realizada la fase de deshidratación, en los casos de estudio, realizada por el proceso de centrifugación, de media, los lodos extraídos presentan un porcentaje de materia seca analizado del 13 %. Por tanto, la huella hídrica estimada en este subproducto se considera como volumen de agua embebido en dicho producto, es decir, el volumen de agua presente en los fangos extraídos una vez deshidratados es huella hídrica azul.

3.2.2. Huella Hídrica Gris

La huella hídrica gris se define como el mínimo volumen de agua requerida para asimilar la carga contaminante hasta los valores que establece la normativa (ecuación 2.6). La adaptación de esta definición para su evaluación en una EDAR lleva a plantear el estudio en función del cuerpo o medio donde se realiza el balance de masas para cada uno de los contaminantes del estudio. En la Figura 3.5 se muestra los indicadores propuestos en base a la Huella Hídrica Gris en función del balance de masas realizado. Así, si se considera la concentración de vertido como la concentración de entrada de la planta tendremos $WF_{GreyRaw}$ denominada *Huella hídrica gris sin tratamiento* (apartado 3.2.2.1), basado en el estudio de Morera *et al.* (2016). Si se considera la concentración del efluente respecto a la concentración máxima fijada por la norma se obtiene el indicador propuesto como *Huella hídirca gris operacional*, WF_{GreyEf} (apartado 3.2.2.2). Por último, si realizamos el balance de masas en el cuerpo de la planta depuradora, considerando los valores de entrada y salida de la EDAR tendremos el indicador denominado *Reducción huella hídrica gris,* ΔWF_{Grey}, (apartado 3.2.3) basado en el trabajo de Gu *et al.* (2016).

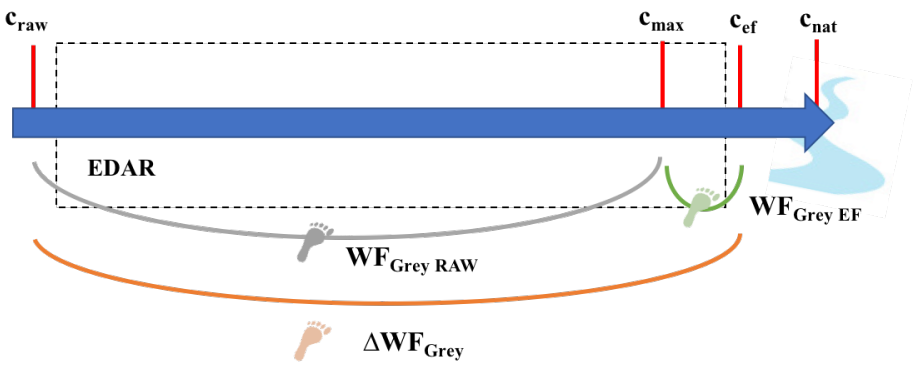

Figura 3.5: Indicadores basados en WF_{Grey} propuestos

3.2.2.1. Huella Hídrica Gris sin tratamiento

Si el balance de masas se evalúa relacionando los valores de entrada en la planta con el límite impuesto por normativa, tendremos la expresión 3.9:

$$Q_{raw}c_{raw} + WF_{GreyRaw}c_{nat} = (Q_{raw} + WF_{GreyRaw})c_{max} \tag{3.9}$$

Obteniéndose, por tanto, la expresión de la *Huella hídrica sin tratamiento* $WF_{GreyRaw}$ para un contaminante determinado en el periodo de tiempo considerado (3.10):

$$WF_{GreyRaw} = \frac{Q_{raw}(c_{raw} - c_{max})}{c_{max} - c_{nat}} \tag{3.10}$$

Donde:
$WF_{GreyRaw}$: Huella Hídrica Gris sin tratamiento para un determinado contaminante en el periodo de tiempo considerado [m^3/t]
Q_{raw} : Caudal de entrada de la EDAR [m^3/t]
c_{raw} : Concentración de entrada a la EDAR del contaminante estudiado [masa/volumen]
c_{max} : Concentración límite para el contaminante estudiado establecida por la norma [masa/volumen]
c_{nat} : Concentración natural en el medio receptor del contaminante estudiado [masa/volumen]

De esta forma se obtiene $WF_{GreyRaw}$ definida como el volumen de agua necesario para reducir la carga contaminante del afluente hasta la limitada por la normativa. Este escenario, sería aquel que se produjese de no existir la planta depuradora, es decir, la WF (3.1) estaría compuesta únicamente por la Huella Hídrica Gris, y sería $WF_{GreyRaw}$. Es decir, indica el impacto que se produciría en el medio si se produjese el vertido sin recibir el tratamiento de depuración.

3.2.2.2. Nuevo indicador: Huella Hídrica Gris operacional

En general, en el funcionamiento de una planta depuradora la concentración de vertido (c_{ef}) es menor que la concentración máxima legal (c_{max}), ya que la EDAR debe cumplir con la norma exigida. Este hecho, puede llevarnos al error de considerar como impacto positivo en el medio el vertido de la EDAR. Es cierto, la existencia de la EDAR produce un impacto positivo en el medio pues reduce cuantitativamente la carga del vertido, sin embargo, la concentración del efluente resultante es, en general, mayor que existe en el medio natural (c_{nat}). Solo en el caso de medios receptores muy contaminados sería factible que la concentración de vertido fuese menor que la concentración natural. Por tanto, en el caso general donde c_{ef} es menor a c_{max} y mayor que c_{nat}, representado en la Figura 3.5, el balance de masas realizado para un contaminante determinado en el periodo de tiempo considerado refleja el cumplimiento de la EDAR frente a la normativa correspondiente (3.11):

$$Q_{ef}c_{max} + WF_{GreyEf}c_{nat} = (Q_{ef} + WF_{GreyEf})c_{ef} \tag{3.11}$$

Obteniéndose, por tanto, la expresión de la *Huella hídrica operacional* WF_{GreyEf} para un contaminante determinado en el periodo de tiempo considerado (3.12):

$$WF_{GreyEf} = \frac{Q_{ef}(c_{max} - c_{ef})}{c_{ef} - c_{nat}} \tag{3.12}$$

Donde:
WF_{GreyEf} : Huella Hídrica Gris operacional para un determinado contaminante en el periodo de tiempo considerado [m^3/t]
Q_{ef} : Caudal de salida de la EDAR [m^3/t]
c_{ef} : Concentración de salida a la EDAR del contaminante estudiado [masa/volumen]
c_{max} : Concentración límite para el contaminante estudiado establecida por la norma [masa/volumen]
c_{nat} : Concentración natural en el medio receptor del contaminante estudiado [masa/volumen]

El nuevo indicador *Huella gris operacional* se define como el volumen de agua de seguridad con el cual trabaja la depuradora para verter por debajo de los valores establecidos por la norma. En general, la EDAR el escenario descrito en la Figura 3.5, concentración del efluente menor que la concentración fijada por la norma y mayor que la existente en el medio receptor de forma natural, para este escenario el nuevo indicador se comporta de tal forma que según sea mayor su valor, mayor será el margen de maniobra de la EDAR estudiada, es decir, se trata de un parámetro que indica la gestión de la depuradora en términos de cumplimiento de la norma en el efluente. Para esta situación, la a WF (3.1) estaría compuesta únicamente por la Huella Hídrica Azul debida al funcionamiento de la EDAR (apartado 3.2.1). En el caso de producirse el vertido por encima del marcado por la norma, $c_{ef} > c_{max}$, se obtendría de valor negativo, el cual nos indicaría el no cumplimiento de nuestro vertido con los estándares legales. Este escenario es el estudiado por Morera *et al.* (2016) donde se obtendría la huella hídrica gris a la salida de la EDAR según la expresión 3.9 con el valor de c_{ef} en lugar de c_{raw}. En este estudio, se ha considerado que el nuevo parámetro deducido, refleja de una manera más real el comportamiento de la EDAR, pues es premisa fundamental de la concepción de la misma la reducción de la carga contaminante como mínimo hasta los límites legales. Por tanto, es un indicador del funcionamiento de la planta, y será un valor variable en función de los procesos operativos de gestión de la planta. También podría darse un valor negativo para la situación de producirse el vertido por debajo de la concentración estimada como la natural en el cauce receptor, $c_{ef} < c_{nat}$, el cual nos indicaría que se está produciendo un vertido de mayor calidad que la propia masa de agua receptora. Esta situación fuera de lo normal, debe considerarse como indicador de un beneficio superior en ese parámetro contaminante al verter más allá de la concentración limitada por la norma. En la Figura 3.6 se resumen los distintos escenarios descritos y la interpretación de los mismos por parte de WF_{GreyEf} (3.12).

Escenarios de vertido	WF_{GreyEf}
General $c_{ef} < c_{max}$, $c_{ef} > c_{nat}$	Positivo. Mayor valor mejor comportamiento
Cumplimiento estricto $c_{ef} = c_{max}$, $c_{ef} > c_{nat}$	Nulo. Vertido cumple estrictamente
No cumplimiento $c_{ef} > c_{max}$, $c_{ef} > c_{nat}$	Negativo (0^-). Más cercano a cero mejor comportamiento
Alto cumplimiento $c_{ef} > c_{max}$, $c_{ef} > c_{nat}$	Negativo (0_-). Más cercano a cero mejor comportamiento

Figura 3.6: Escenarios de vertido descritos por WF_{GreyEf}

3.2.3. Reducción Huella Hídrica Gris

Si el balance de masas se evalúa en la propia planta, es decir, entre la entrada y la salida de la misma, tendremos la expresión 3.13:

$$Q_{raw}c_{raw} + \Delta WF_{Grey}c_{nat} = (Q_{ef} + \Delta WF_{Grey})c_{ef} \tag{3.13}$$

Para simplificar los cálculos y teniendo en cuenta que para el diseño de una EDAR se considera el caudal del afluente como caudal de diseño, se considera el caudal de entrada y salida similares, y se toma como único valor el caudal de entrada, de esta forma se obtiene la expresión 3.14 que define el indicador ΔWF_{Grey}:

$$\Delta WF_{Grey} = \frac{Q_{raw}(c_{raw} - c_{ef})}{c_{ef} - c_{nat}} \tag{3.14}$$

Donde:
ΔWF_{Grey} : Reducción Huella Hídrica Gris para un determinado contaminante en el periodo de tiempo considerado [m^3/t]
Q_{raw} : Caudal de entrada de la EDAR [m^3/t]
c_{raw} : Concentración de entrada a la EDAR del contaminante estudiado [masa/volumen]
c_{ef} : Concentración de salida a la EDAR del contaminante estudiado [masa/volumen]
c_{nat} : Concentración natural en el medio receptor del contaminante estudiado [masa/volumen]

De esta forma se obtiene el indicador de *Reducción de huella hídrica gris* definida como la reducción en el volumen hipotético de agua dulce necesaria para asimilar los contaminantes debidos a las aguas residuales urbanas llevada a cabo por la EDAR. Por lo tanto, un valor mayor corresponde a una mayor contribución a la compensación de huella hí-

drica por la EDAR. Por tanto, al igual que con la *Huella hídrica gris operacional* la WF (3.12) será únicamente la componente azul, pues es en el consumo de agua directo o indirecto realizado para reducir la carga contaminante. Si comparamos el nuevo indicador propuesto ΔWF_{Grey} con el indicador de "reducción de huella hídrica gris" definido por Gu *et al.* (2016) como la expresión 3.14, nuestra propuesta trabaja con la concentración natural existente en el medio receptor, frente a la propuesta de Gu *et al.* (2016) donde no considera los valores locales de concentración, hipótesis adoptada por los autores para deslocalizar los resultados obtenidos y s puedan ser comparables los resultados obtenidos de un lugar con otro (Gu *et al.*, 2014). Sin embargo, no Se ha adoptado dicha consideración en este trabajo pues no se ajusta estrictamente a la definición de huella hídrica gris (Hoekstra, 2011), ya que el valor al que debe asimilarse la carga de vertido es el establecido por la normativa correspondiente al país o región donde se localiza la estación depuradora. Además, con nuestra propuesta se contextualiza los valores de huella hídrica obtenidos y pueden proporcionarse recomendaciones de actuación concretas a cada caso, si bien la metodología es aplicable en cualquier zona de estudio.
Con respecto al indicador de Huella hídrica gris operacional (WF_{GreyEf}) obtenido con la expresión 3.14, un mejor comportamiento en la función depuradora de la planta será indicado si ambos indicadores son elevados, pues un valor mayor de WF_{GreyEf} indica un mayor margen de volumen operacional en la planta y unido a un alto valor de ΔWF_{Grey} nos indicará que se ha producido con una fuerte reducción de la carga contaminante. Sin embargo, un elevado valor de ΔWF_{Grey} no necesariamente indicará un impacto positivo mejor en el vertido al medio receptor, no así el indicador WF_{GreyEf}. Por esta razón, el nuevo indicador propuesto, Huella hídrica gris operacional, refleja de una manera más clara la función depuradora de la planta.

En la Figura 3.7 se recoge un resumen de los indicadores propuestos junto con la expresión para obtenerlos. Por tanto, con estos indicadores propuestos basados en la huella hídrica gris se puede caracterizar de una forma útil y sencilla la calidad del agua efluente cuando hay múltiples contaminantes, la función depuradora llevada a cabo y los márgenes operacionales según los estándares de calidad del agua.

Indicadores propuestos basados en la Huella Hídrica Gris
• Huella Hídrica Gris sin tratamiento
Huella hídrica gris si no existiese la planta depuradora
$WF_{GreyRaw} = \frac{Q_{raw}(c_{raw}-c_{max})}{c_{max}-c_{nat}}$
• Huella Hídrica Gris operacional
El volumen de agua de seguridad con el cual trabaja la depuradora para verter por debajo de los límites establecidos por la norma
$WF_{GreyEf} = \frac{Q_{ef}(c_{max}-c_{ef})}{c_{ef}-c_{nat}}$
• Reducción Huella Hídrica Gris
La reducción en el volumen hipotético de agua dulce necesaria para asimilar los contaminantes debidos a las aguas residuales urbanas llevada a cabo por la EDAR
$\Delta WF_{Grey} = \frac{Q_{raw}(c_{raw}-c_{ef})}{c_{ef}-c_{nat}}$

Figura 3.7: Indicadores propuestos basados en la Huella Hídrica Gris

3.3. Huella de Carbono

La Huella de Carbono (CF) es el indicador de la categoría de la categoría de impacto calentamiento global del ACV. Para poder cuantificar la Huella de Carbono, definida como masa de CO_2equivalente por unidad de tiempo, es necesario establecer las fuentes de emisión de los diferentes GEI, medidas según su procedencia y en función de los factores de conversión correspondientes los cuales son obtenidos a partir de modelos de caracterización desarrollados por otros autores, que permitirán expresar las emisiones de los diferentes GEI como masa de CO2 equivalente por unidad de tiempo. La Huella de Carbono total será la suma de las huellas de las diferentes fuentes de emisión tal y como se indica en la expresión 3.15:

$$CF = \sum Em_i F_i \tag{3.15}$$

Donde:
CF: Huella de Carbono para un periodo de tiempo estimado [masa CO_2/t]
Em_i: Fuente de emisión $i$para un periodo de tiempo [Ud/t]
Em_i: Factor de conversión para una fuente de emisión i [masa CO_2/Ud]
En una EDAR aparecen como fuentes directas el CH_4 y N_2O, emitidos especialmente en el tratamiento secundario. Como fuentes de emisión indirectas se encuentra el consumo eléctrico de la planta, y el tratamiento y transporte de residuos, tal y como muestra la Figura 3.8. En ella se recogen las fuentes de emisión consideradas y los datos necesarios para el cálculo o estimación de la CF en cada una de ellas.

Fuentes de emisión	Datos necesarios
• **Directas**	
Emisión de CH_4	DBO_5y volumen de agua de entrada
Emisión de N_2O	N y volumen de agua tratada
• **Indirectas**	
Consumo eléctrico	Consumo eléctrico
Lodos	Volumen producido. Transporte y Tratamiento

Figura 3.8: Indicadores propuestos basados en la Huella Hídrica Gris

Como se observa en la Figura 3.8 las fuentes de emisión consideradas se clasifican en directas e indirectas. En una EDAR aparecen como fuentes directas el CH_4 y N_2O, emitidos especialmente en el tratamiento secundario, cuya estimación vendrá dada por la metodología propuesta por el organismo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, en español Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). Como fuentes indirectas de emisiones de GEI son las producidas por el consumo eléctrico de la planta, el tratamiento de los fangos obtenidos, en los casos estudiados será la aplicación agrícola y el transporte de éstos a las parcelas de destino.

3.3.1. Estimación de fuentes directas de emisión

Al no existir en la planta elementos de medida de las emisiones directas que se producen, se ha procedido a la estimación de las mismas. Para ello, existen unas recomendaciones de organismos internacionales, como es el caso de la metodología propuesta por el IPCC en sus Directrices de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Las aguas residuales pueden ser una fuente de CH_4 y también pueden ser una fuente de emisiones de N_2O, en función del tratamiento realizado. La Figura 3.3.1 presenta diferentes vías para el tratamiento y la eliminación de las aguas residuales consideradas en el documento de IPCC.

CUADRO 6.1
POTENCIALES DE EMISIÓN DE CH_4 Y N_2O PARA SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS Y LODOS RESIDUALES

Tipo de tratamiento y eliminación				Potenciales de emisión de CH_4 y N_2O
Recolectadas	No tratadas	Eliminación en ríos		Ríos y lagos estancados y pobres en oxígeno pueden permitir la descomposición anaeróbica que produzca CH_4. Ríos, lagos y estuarios son probables fuentes de N_2O.
		Alcantarillas (cerradas y subterráneas)		No son fuentes de CH_4/N_2O
		Alcantarillas (abiertas)		Las cloacas o alcantarillas abiertas, acequias o los canales abiertos, sobrecargados y estancados suelen ser fuentes significativas de CH_4
	Tratadas	Tratamiento aeróbico	Plantas de tratamiento centralizado aeróbico de aguas servidas	Pueden producir poco CH_4 en bolsones anaeróbicos. Los sistemas de tratamiento mal diseñados o gestionados producen CH_4. Las plantas avanzadas con eliminación de nutrientes (nitrificación y desnitrificación) son pequeñas, pero fuentes bien diferenciadas de N_2O.
			Tratamiento anaeróbico de los lodos en plantas centralizadas de tratamiento de aguas residuales	El lodo puede ser una importante fuente de CH_4 si el CH_4 emitido no se recupera ni se quema en antorcha.
			Pozas aeróbicas poco profundas	Fuente poco probable de CH_4 y/o N_2O Los sistemas de tratamiento mal diseñados o mal gestionados producen CH_4.
		Tratamiento anaeróbico	Lagunas anaeróbicas	Fuente probable de CH_4 No es fuente de N_2O.
			Reactores anaeróbicos	Puede ser una importante fuente de CH_4 si el CH_4 emitido no se recupera ni se quema en antorcha.
No recolectadas	Pozo séptico			La separación frecuente de los sólidos reduce la producción de CH_4
	Pozos abiertos y/o letrinas			Los pozos y/o letrinas suelen producir CH_4 cuando la temperatura y el tiempo de retención son favorables
	Eliminación en ríos			Véase arriba.

Figura 3.9: Potenciales de emisión según tipo de tratamiento. Fuente IPCC (2016)

Como puede verse en la Figura 3.3.1, los métodos de tratamiento centralizado de las aguas residuales los clasifica como tratamientos primarios, secundarios y terciarios. En el tratamiento primario, los sólidos más voluminosos se separan de las aguas mediante barreras físicas. Luego se permite la decantación de las partículas residuales. Los tratamientos secundarios consisten en una combinación de procesos biológicos que fomentan la biodegradación por microorganismos. Estos procesos pueden incluir pozas aeróbicas de estabilización, filtros de goteo y procesos de lodo activado, así como reactores anaeróbicos y lagunas. Los tratamientos terciarios se usan para purificar aún más las aguas residuales de los agentes patógenos, contaminantes, y nutrientes residuales, como los compuestos de nitrógeno y fósforo. Esto se logra mediante uno o varios procesos combinados que pueden incluir pozas de maduración y/o depuración, procesos biológicos, filtración avanzada, absorción por carbono, intercambio iónico y desinfección. Todas las etapas de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios producen lodo. El lodo producido en el tratamiento primario consiste en sólidos que han sido separados de las aguas residuales y no se contabiliza en esta categoría.

3.3.1.1. Estimación de la emisión directa de metano

Tanto las aguas residuales como los lodos pueden producir CH_4 por degradación anaeróbica. La cantidad de CH_4 producido depende principalmente de la cantidad de materia orgánica degradable contenido en las aguas residuales, de la temperatura y del tipo de sistema de tratamiento. El factor principal para determinar el potencial de generación de CH_4 de las aguas residuales es la cantidad de materia orgánica degradable contenida en las aguas. Los parámetros usuales para medir el componente orgánico de las aguas residuales son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5, BDO en inglés) y la demanda química de oxígeno (DQO). En las mismas condiciones, las aguas residuales con mayor concentración de ambas, producen, en general, más CH_4 que las de menor concentración de DQO o DBO_5. Puesto que la DBO_5 es un parámetro aeróbico, puede resultar menos apropiado para la determinación de los componentes orgánicos en medios anaeróbicos. Normalmente, la DBO_5 se utiliza más a menudo para el caso de las aguas residuales domésticas, mientras que la DQO se utiliza preferentemente para las aguas residuales industriales. Según IPCC (2016), los tres pasos para la preparación del inventario del CH_4 de aguas residuales domésticas, son los que se describen a continuación.

Paso 1: Usar la Ecuación 3.16 (IPCC, 2016) para estimar el contenido total de carbono orgánico degradable en las aguas residuales (TOW, del inglés Total Organic Waste) para el año de estudio:

$$TOW = P \cdot BDO \cdot 0,001 \cdot I \cdot 365 \tag{3.16}$$

Donde:
TOW: Total de materia orgánica en las aguas residuales en el año del inventario [kg BDO/año]
BDO: BDO per cápita específico del país en el año de inventario [g/persona/día]
P: Población del país en el año del inventario [personas]
0,001: conversión de gramos a BDO a kilogramos BDO
I: Factor de corrección para BDO industrial adicional eliminado en las cloacas (si es recolectado el valor por defecto es 1,25 si no es recolectado el valor por defecto es 1,00)
La adaptación de la expresión 3.16 a la evaluación en una planta depuradora, se considera el parámetro de DBO5 del afluente, como la carga contaminante degradada en la planta. Por tanto, se obtiene la expresión 3.17:

$$TOW = Q_{raw} \cdot DBO_5 \cdot 0,001 \tag{3.17}$$

Donde:

TOW: Total de materia orgánica en las aguas residuales en el año del inventario [kg DBO_5/año]
Q_{raw}: Caudal de agua de entrada a la planta [m^3/año]
DBO_5: concentración DBO_5en la entrada de la planta [mg/l]
0,001: conversión de gramos a BDO a kilogramos BDO
Paso 2: Usar la Ecuación 3.18 (IPCC, 2016)para obtener el factor de emisión para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas.

$$EF_j = B_o \cdot MCF_j \tag{3.18}$$

Donde:
EF_j: Factor de emisión para el tratamiento de eliminación j [kgCH_4/kg BDO]
B_o: Capacidad de producción de CH_4 [kgCH_4/kg COD]
MCF_j: Factor corrector para el metano para el tratamiento de eliminación j (véase Figura 3.3.1.1)

El parámetro B_o considerado el valor por defecto señalado en el apartado 6.2.2.2 del documento de la organización IPCC (2006) de 0,6 kg CH4/kg de DBO_5 cuando no se disponen de datos a nivel nacional. Con respecto al parámetro MCF, se debe señalar que, en general, los sistemas de tratamiento o vías de eliminación que constituyen medios anaeróbicos producen CH_4, mientras que los sistemas que ofrecen entornos aeróbicos suelen producir poco o nada de CH_4. Las EDARs que se van a analizar tienen un tratamiento centralizado aeróbico, por lo que, como señala la Figura 3.3.1.1 tomada del citado documento consultado, puede emitir algo de metano, es por ello, que se considera el valor mayor, 0,1, establecido para este tipo de planta bien operada.

CUADRO 6.3 VALORES DE MCF POR DEFECTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS			
Tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación	**Comentarios**	**MCF [1]**	**Intervalo**
Sistema sin tratamiento			
Eliminación en río, lago y mar	Los ríos con alto contenido de sustancias orgánicas pueden volverse anaeróbicos.	0,1	0 – 0,2
Cloaca estancada	Abierta y caliente.	0,5	0,4 – 0,8
Cloaca en movimiento (abierta o cerrada).	Correntosa, limpia. (cantidades insignificantes de CH_4 desde las estaciones de bombeo, etc.)	0	0
Sistema tratado			
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Debe ser bien operada. Puede emitir algo de CH_4 desde las cuencas de decantación y otros tanques.	0	0 – 0,1
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Mal operada. Sobrecargada.	0,3	0,2 – 0,4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH_4.	0,8	0,8 – 1,0
Reactor anaeróbico	Aquí no se considera la recuperación de CH_4.	0,8	0,8 – 1,0
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros: recurrir al dictamen de expertos.	0,2	0 – 0,3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros.	0,8	0,8 – 1,0
Sistema séptico	La mitad del BOD se decanta en tanques anaeróbicos.	0,5	0,5
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida (3-5 personas)	0,1	0,05 – 0,15
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, uso comunitario (muchos usuarios)	0,5	0,4 – 0,6
Letrina	Clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina	0,7	0,7 – 1,0
Letrina	Extracción frecuente de sedimentos para abono	0,1	0,1
[1] En base al dictamen de expertos de los autores principales de esta sección			

Figura 3.10: Valores MCF. Fuente IPCC (2016)

Paso 3: Usar la Ecuación 3.19 (IPCC, 2016)para para estimar las emisiones, hacer ajustes para las eventuales separaciones de lodos y/o recuperaciones de CH_4.
La ecuación general (3.19) para estimar las emisiones de CH_4 derivadas de aguas residuales domésticas, es la siguiente:

$$EmisionesCH_4 = \left[\sum(U_i \cdot T_{ij} \cdot EF_j)\right](TOW - S) - R \tag{3.19}$$

Donde:
$EmisionesCH_4$: Emisiones de CH_4durante el año de inventario [kgCH_4/año]
TOW: Total de materia orgánica en las aguas residuales en el año del inventario (3.16) [kg BDO/año]
S: Componente orgánico separado como lodo durante el año de inventario [kg BDO/año]
U_i: Fracción de la población del grupo de ingresos i en el año de inventario

T_{ij}: Grado de utilización de vía o sistema de tratamientos y/o eliminación j, para cada fracción de grupo de ingresos i en el año de inventario
EF_j: Factor de emisión para el tratamiento de eliminación j [kgCH_4/kg BDO]
De la adaptación de esta expresión a nuestro estudio y con los datos disponibles, se obtiene la ecuación 3.20 para la estimación de las emisiones de metano en una planta depuradora de aguas residuales:

$$EmisionesCH_4 = EF \cdot (TOW - S) \tag{3.20}$$

Donde:
$EmisionesCH_4$: Emisiones de CH_4durante el año de inventario [kgCH_4/año]
TOW: Total de materia orgánica en las aguas residuales en el año del inventario (3.17) [kg DBO_5/año]
S: Componente orgánico separado como lodo durante el año de inventario [kg DBO_5/año]
EF: Factor de emisión (3.18) [kgCH_4/kg DBO_5]

3.3.1.2. Estimación de emisiones de N_2O

Las emisiones de N_2O pueden producirse como emisiones directas provenientes de las plantas de tratamiento o como emisiones indirectas provenientes de las aguas residuales después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar. Por lo tanto, se trata de las emisiones indirectas de N2O derivadas de efluentes de tratamiento de aguas residuales que se eliminan en medios acuáticos. La ecuación general simplificada es la ecuación 3.21:

$$EmisionesN_2O = N_{ef} \cdot EF_{ef} \cdot {}^{44}/_{28} \tag{3.21}$$

Donde:
$EmisionesN_2O$: Emisiones de N_2O durante el año de inventario [kgN_2O/año]
N_{ef}: Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos [kgN/año]
EF_{ef}: Factor de emisión para las emisiones de N_2O provenientes de la eliminación en aguas servidas [kgN_2O/kg N]
${}^{44}/_{28}$: Factor correspondiente a la conversión de kg de N_2O-N en kg N_2O
El factor de emisión por defecto del IPCC para las emisiones de N_2O derivadas de aguas residuales domésticas con efluentes con nitrógeno es de 0,005 (0,0005 – 0,25) Kg. N2O-N/Kg. N. Este factor de emisión se basa en escasos datos de terreno y sobre hipótesis específicas en lo referente a la nitrificación y desnitrificación en ríos y estuarios. La primera hipótesis es que todo el nitrógeno se elimina con el efluente. La segunda hipótesis es que la producción de N2O en ríos y estuarios está directamente relacionada con la ni-

trificación y desnitrificación, y, por lo tanto, con el nitrógeno que se descarga en el río. La adaptación plena de esta metodología al caso evaluado en esta investigación proporciona, por tanto, la estimación de las emisiones de N_2O que se producen en el efluente de una planta de aguas residuales, considerando como factor de emisión 0,0005 kg N2O-N/kg N en el efluente.

3.3.1.3. Factores de conversión

La obtención de la huella de carbono, que representa a la masa de CO_2 equivalente por unidad de tiempo emitida a la atmósfera, depende de la fuente de emisión de gases de efecto invernadero y del factor de emisión asociado a ellas recogido en la Tabla 3.6 junto con el modelo de caracterización del que provienen cada uno de los factores considerados.

Tabla 3.6: Factores de conversión para cada fuente de emisión

Fuente de emisión	Factor de conversión	Modelo
Fuentes Directas		
Emisiones CH_4	20 $kgCO_2/kgCH_4$	IPCC
Emisiones N_2O	298 kg CO_2/kgN_2O	IPCC
Fuentes Indirectas		
Consumo eléctrico	0,34 kg CO_2/kWh	MAGRAMA 2014
Tratamiento de lodos	0,19 $kgCO_2$/kg fangos	ECOINVENT
Transporte de lodos	0,165 kg CO_2/tkm	ECOINVENT

3.4. Evaluación conjunta Huella Hídrica y Huella de Carbono

En las EDARs analizadas se estudia de forma conjunta la huella hídrica y la huella de carbono para caracterizar la eficiencia de la planta. Para ello se han definido dos nuevos ratios o relaciones entre ambas huellas: La *Eficiencia de la huella hídrica* y la *Eficiencia de la huella de carbono.*

La relación del nuevo indicador de Huella hídrica gris operacional (3.12) con la Huella hídrica azul (3.2), se define como *Eficiencia de huella hídrica* (EWF) expresada tal y como muestra la ecuación 3.22:

$$EWF = \frac{WF_{Blue}}{WF_{GreyEf}} \tag{3.22}$$

EWF es adimensional y establece la relación del volumen de agua consumida directa

o indirectamente con la función depuradora de la planta. Con este ratio se cuantifica la eficiencia con la cual la planta reduce la carga contaminante de las aguas residuales hasta los parámetros de salida de la EDAR en función del consumo energético realizado para ello. Es decir, la relación de volumen de agua requerido para llevar a cabo la función depuradora de la planta. Un menor valor de EWF corresponde a una mayor eficiencia en el uso de los recursos para cumplir la función depuradora de la planta.
Si se relaciona el nuevo indicador de Huella hídrica gris operacional (3.12) con la huella de carbono (3.15) se tiene la *eficiencia de huella de carbono* (ECF), expresado en kg CO_2 -eq /m^3, que indica el impacto ambiental en término de emisiones de gases de efecto invernadero en relación con la función depuradora de la planta (3.23). Un valor bajo de este ratio expresado como corresponde a una baja emisión de gases de efecto invernadero por parte de la planta al realiza su función depuradora.

$$ECF = \frac{CF}{WF_{GreyEf}} \tag{3.23}$$

3.5. Datos necesarios para la evaluación conjunta.

Para la determinación de la Huella Hídrica y Huella de Carbono en la fase de explotación de una EDAR se requieren una serie de parámetros, los cuales nos sirven para trabajar las expresiones que anteriormente se han deducido y presentado. En la Figura 3.5 se muestra un resumen de los datos de explotación necesarios para la evaluación propuesta en este estudio, con un alcance temporal mínimo de un año.

Datos necesarios para la evaluación conjunta de la WF y CF en una EDAR
• Diseño de la planta
• Caudales
Q_{raw}
Q_{ef}
• Parámetros de laboratorio
c_{raw} y c_{ef} para DBO_5, DQO, SS, N, P
c_{max} y c_{nat} para DBO_5, DQO, SS, N, P
• Consumo eléctrico de la EDAR
Consumo eléctrico total o por fases de tratamiento
Potencia instalada y horas de funcionamiento
• Consumo eléctrico de la EDAR
Volumen lodos deshidratados
Tratamiento posterior y distancia al mismo

Figura 3.11: Datos necesarios para la evaluación conjunta de la WF y CF en una EDAR

Capítulo 4

CASOS DE ESTUDIO

4.1. Localización

La evaluación de la huella hídrica y huella de carbono se ha realizado para cuatro EDARs situadas en la comarca de La Vera, en el Noreste de Extremadura (SW España) zona de alto valor ecológico y potencial económico, que dan servicio a varios municipios. Las EDARs estudiadas son: EDAR de Aldeanueva de la Vera y Caucos de Yuste, EDAR de Arroyomolinos, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar, la EDAR de Villanueva de la Vera y Valverde de la Vera y EDAR de Torremenga. La Figura 4.1 muestra la localización de los distintos municipios en la Comarca de la Vera.

Figura 4.1: Localización de los municipios cuyas aguas residuales son tratadas en las EDARs objeto de estudio

4.2. Antecedentes y motivación de elección de las EDARs

Las EDARs estudiadas en la presente investigación son de reciente construcción y puesta en marcha. La dotación de estas infraestructuras por parte de la Confederación Hidrográfica del Tajo se produjo con el «Concurso de proyecto y obra para el saneamiento y depuración de la comarca agraria de la Vera (Cáceres)», cuyo Proyecto de Construcción tuvo por objeto la definición y diseño de las obra e instalaciones necesarias para solucionar el problema de la contaminación causada por los vertidos de las aguas residuales de las poblaciones de Aldeanueva de la Vera, Arroyomolinos de la Vera, Cuacos de Yuste, Losar de la Vera, Madrigal de la Vera, Pasaron de la Vera, Robledillo de la Vera, Talaveruela de la Vera, Torremenga, Valverde de la Vera, Viandar de la Vera y Villanueva de la Vera. así como la puesta a punto y las pruebas de funcionamiento de dichas instalaciones. Su construcción corresponde a la necesidad de establecer la infraestructura necesaria para dar así cumplimiento a lo establecido en la Directiva 91/271/CEE de 21 de mayo, incorporada al ordenamiento jurídico español por el Real decreto Ley 11/1995 de 22 de diciembre. Adicionalmente, la Directiva 91/271/CEE de 21 de mayo, el Real Decreto Ley 11/1995 de 22 de diciembre y su desarrollo mediante Real Decreto 509/1996 de 15 de marzo establecen que aquellas aglomeraciones urbanas con menos de 2.000 h-e, que viertan sus aguas residuales urbanas en estuarios y aguas continentales, deberán disponer de un tratamiento adecuado de las mismas a más tardar el 31 de diciembre de 2005. Si bien es cierto, como puede observarse en el mapa (Figura 4.2) las poblaciones de la comarca de La Vera al nordeste de Extremadura se encuentran en esta franja de población equivalente y aparecen en el mapa como población sin EDAR a la fecha límite establecida.

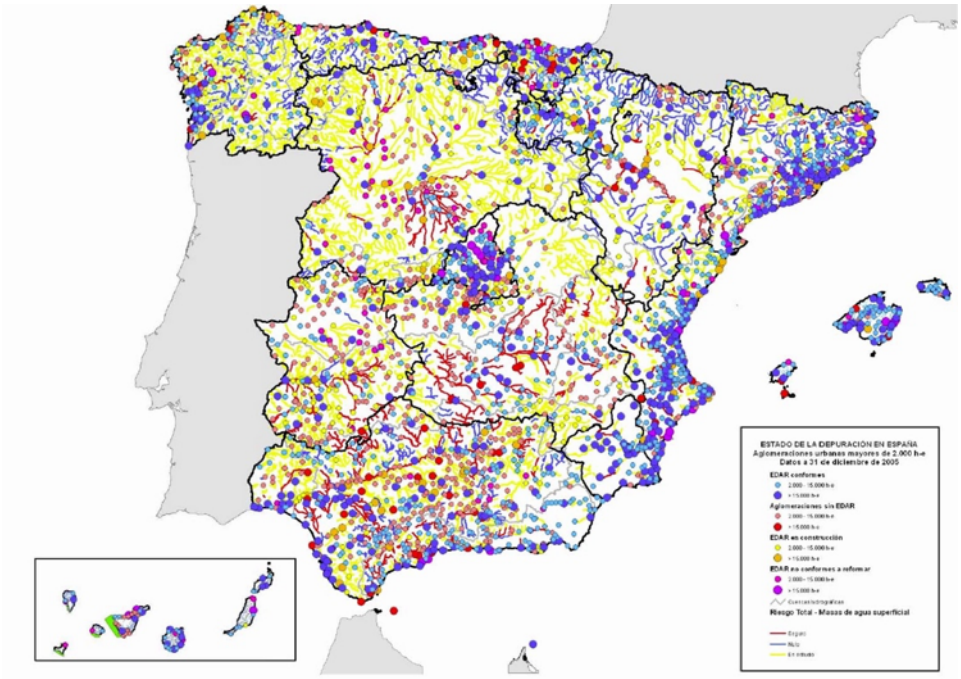

Figura 4.2: Estado depuración en España a 31 diciembre 2005. Plan Nacional Calidad Aguas 2007-2015

No es hasta la fecha de 7 marzo de 2007 cuando fue firmado el contrato para la ejecución de las obras, adjudicado a la UTE Saneamiento de la Vera (Acciona Infraestructuras S.A.) bajo la supervisión técnica de la Confederación Hidrográfica del Tajo. Con fecha 5 de septiembre de 2008 se firmó el acta de comprobación de replanteo, siendo por tanto la fecha de finalización de los trabajos, incluidas las pruebas de funcionamiento, 5 de septiembre de 2.011. Tras la puesta en marcha la gestión del servicio de las EDARs pasó a ser municipal. Los ayuntamientos licitaron la explotación de las plantas estudiadas resultando adjudicataria Ambling Ingeniería y Servicios. Por tanto, las EDARs seleccionadas para la evaluación de la huella hídrica y de carbono pertenecen al grupo de estaciones depuradoras de pequeña población, en el apartado 3 se recogen las características de diseño, de titularidad municipal y cuya explotación está externalizada. Estas EDARs presentan la problemática asociada a las plantas de pequeña población, explicada en el capítulo uno del presente trabajo. Su diseño se ha realizado trasladando una tecnología implantada y contrastada en medianas-grandes instalaciones a pequeñas poblaciones disminuyendo únicamente la escala de implantación respetando los criterios de dimensionamiento, los parámetros operacionales y los criterios de operación. Por ello, presentan presentan mayores problemas en la implantación de los recursos necesarios con respecto a estaciones depuradoras de grandes poblaciones, pues los medios disponibles son más escasos, y es en estas pequeñas poblaciones donde interesa conocer la relación entre el agua, sus usos y tratamientos, y los recursos necesarios para ello; con el fin de ajustar la gestión del

agua, a la infraestructura existente y al medio económico y social en el que se encuentra. Su situación en la comarca de La Vera, zona de alto carácter ambiental, se trata de una las zonas, y económico, presenta un desarrollo turístico importante para Extremadura, les proporciona un interés en evaluar su eficiencia y proponer las mejoras oportunas para su adaptación a las demandas sociales y ambientales.

4.3. Caudales y cargas de diseño de las EDARs

A continuación se refleja los parámetros más destacados de diseño de las cuatro EDARs evaluadas: EDAR de Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste (apartado 4.3.1), EDAR de Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar (apartado 4.3.2), EDAR de Valverde de la Vera y Villanueva de la Vera (apartado 4.3.3) y EDAR de Torremenga (apartado 4.3.4).

4.3.1. EDAR Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste

Tabla 4.1: Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Cuacos

	Invierno	**Verano**
Población equivalente	4.204 h.e.	8.282 h.e.
Caudal medio diario	841 m^3/día	1.656 m^3/día
Caudal medio horario (Qm)	35 m^3/h	69 m^3/h
Caudal máximo en pretratamiento (5 Qpv)	315 m^3/h	621 m^3/h
Caudal máximo hidráulico en biológico (3Qm)	105 m^3/h	207 m^3/h
Caudal máximo en tanque de tormentas	210 m^3/h	414 m^3/h
Concentración media de entrada		
DBO_5	300 mg/l	300 mg/l
SS	350 mg/l	350 mg/l
N	60 mg/l	60 mg/l
Carga diaria		
DBO_5	252 kg/día	497 kg/día
SS	294 g/día	580 g/día
N	50,4 kg/día	99,4 kg/día
% MS Fango	>23	>23

4.3.2. EDAR Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar

Tabla 4.2: Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Tejeda

	Invierno	**Verano**
Población equivalente	1.752 h.e.	5.988 h.e.
Caudal medio diario	350,4 m^3/día	1.197,6 m^3/día
Caudal medio horario (Qm)	14,6 m^3/h	49,9 m^3/h
Caudal máximo en pretratamiento (5 Qpv)	131,4 m^3/h	449,10 m^3/h
Caudal máximo hidráulico en biológico (3Qm)	43,8 m^3/h	149,7 m^3/h
Caudal máximo en tanque de tormentas	87,6 m^3/h	299,4 m^3/h
Concentración media de entrada		
DBO_5	300 mg/l	300 mg/l
SS	350 mg/l	350 mg/l
N	60 mg/l	60 mg/l
Carga diaria		
DBO_5	105,12 kg/día	359,3 kg/día
SS	122,6 g/día	419,2 g/día
N	21 kg/día	71,8 kg/día
% MS Fango	>23	>23

4.3.3. EDAR Valverde y Villanueva de la Vera

Tabla 4.3: Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Villanueva

	Invierno	**Verano**
Población equivalente	4.194 h.e.	8.442 h.e.
Caudal medio diario	839 m^3/día	1.688 m^3/día
Caudal medio horario (Qm)	35 m^3/h	70 m^3/h
Caudal máximo en pretratamiento (5 Qpv)	315 m^3/h	633 m^3/h
Caudal máximo hidráulico en biológico (3Qm)	105 m^3/h	211 m^3/h
Caudal máximo en tanque de tormentas	210 m^3/h	422 m^3/h
Concentración media de entrada		
DBO_5	300 mg/l	300 mg/l
SS	350 mg/l	350 mg/l
N	60 mg/l	60 mg/l
Carga diaria		
DBO_5	252 kg/día	507 kg/día
SS	294 g/día	591 g/día
N	50 kg/día	101 kg/día
% MS Fango	>23	>23

4.3.4. EDAR Torremenga

Tabla 4.4: Caudales y cargas de diseño para la EDAR de Torremenga

	Invierno	**Verano**
Población equivalente	526 h.e.	933 h.e.
Caudal medio diario	105,2 m^3/día	186,6 m^3/día
Caudal medio horario (Qm)	4,38 m^3/h	7,78 m^3/h
Caudal máximo en pretratamiento (5 Qpv)	39,4 m^3/h	70 m^3/h
Caudal máximo hidráulico en biológico (3Qm)	13,14 m^3/h	23,34 m^3/h
Caudal máximo en tanque de tormentas	26,26 m^3/h	46,66 m^3/h
Concentración media de entrada		
DBO_5	300 mg/l	300 mg/l
SS	350 mg/l	350 mg/l
N	60 mg/l	60 mg/l
Carga diaria		
DBO_5	31,6 kg/día	56 kg/día
SS	36,8 g/día	65,3 g/día
N	6,31 kg/día	11,2 kg/día
% MS Fango	23	23

4.4. Descripción de los tratamientos de las EDARs

4.4.1. Procesos de tratamiento

El proceso de tratamiento secundario elegido en el diseño de las plantas estudiadas es el de fangos activos de baja carga másica en aireación prolongada. Las características fundamentales del proceso son las siguientes:

- Produce un efluente de muy buena calidad, con el máximo grado de nitrificación.
- Se obtienen los fangos en exceso estabilizados.
- Es un proceso muy flexible en cuanto a las condiciones de operación, lo que, teniendo en cuenta la variación de población estacional en todas las instalaciones, ofrece las mejores garantías de obtener la calidad exigida en el efluente en cualquier época del año.

Esquemáticamente los sistemas adoptados para las EDAR objeto de este estudio se engloban en dos grupos:
Grupo 1: Proceso mediante aireación prolongada en carrusel en dos líneas con aireación mediante difusores y soplantes. Espesamiento y deshidratación de fangos con centrífuga. Plantas de:

- Valverde de la Vera y Villanueva de la Vera
- Cuacos de Yuste y Aldeanueva de la Vera

Grupo 2: Proceso de aireación prolongada tipo carrusel en una sola línea mediante un reactor circular tipo donut, con el decantador concéntrico y la aireación mediante rotor horizontal. Espesamiento de fangos. Plantas de:

- Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar.
- Torremenga.

La EDAR de Valverde y Villanueva de la Vera, la EDAR de Cuacos Yuste y Aldeanueva de la Vera y la EDAR de Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar cuentan con equipos propios de deshidratación de fangos. Sin embargo, la EDAR de Torremenga no realiza la deshidratación en la propia planta, transportándose el fango espesado a la EDAR de EDAR de Losar de la Vera.

4.4.2. Planos diseño planta

En el Anejo Ase recogen los planos de la planta de diseño de las cuatro EDARs estudiadas. En la Tabla 4.5 se recoge el área total de superficie libre de ellas cuyo dato es necesario para el cálculo de volumen de agua evaporada (3.2.1.2). Para ello se ha tenido en cuenta las dimensiones de los reactores biológicos

Tabla 4.5: Superficie libre de las EDARs

	Área (m^2)
EDAR de Cuacos de Yuste	771,02
EDAR de Villanueva de la Vera	1.258,68
EDAR Tejeda de Tiétar	648,72
EDAR de Torremenga	262,07

4.4.3. Instalaciones

4.4.3.1. EDAR grupo 1: EDAR de Villanueva de la Vera y EDAR de Cuacos de Yuste

En este apartado se describe la instalación de las EDARs del grupo 1, recogiendo en la Tabla 4. los valores de diseño específicos para cada una de ellas, con especial atención en

la potencia instalada en los equipos.

LÍNEA DE AGUA EDAR.

1. LLEGADA Y POZO DE GRUESOS.
   Para la eliminación de sólidos muy gruesos y para la protección del bombeo posterior se ha diseñado un pozo de gruesos. El pozo de gruesos proyectado está equipado con extracción mediante cuchara bivalva. A la salida del pozo de gruesos está instalada una reja manual.

2. BOMBEO DE AGUA BRUTA
   El efluente se impulsa con 2 grupos diferentes de bombas. El primer grupo de bombas corresponde a las aguas residuales, y está formado por (3+1) con capacidad para bombear 3 x Qmedio en verano, que es el caudal máximo hidráulico en el biológico. El segundo grupo de bombeo corresponde a los caudales de pluviales superiores a 3 x Qmedio en verano, y está formado por (1+1) bombas.

3. PRETRATAMIENTO COMPACTO. DESBASTE Y DESARENADO.
   Tras el bombeo de agua residual se proyecta un pretratamiento en dos líneas del tipo compacto con desbaste y desarenado-desengrase, formado cada una por un tanque de acero inoxidable AISI 304/321. En el pretratamiento se tratará todo el caudal correspondiente a 5 Qp verano, impulsado con las tres bombas de residuales y una de pluviales en funcionamiento. El desbaste se realiza en un tamiz rotativo. Los residuos se extraen por medio de un tornillo prensa inclinado hasta el contenedor. El desarenado-desengrase es aireado y se realiza en la parte posterior del tanque. La extracción de arenas se efectuará mediante dos tornillos transportadores, uno horizontal y otro clasificador inclinado que deposita las arenas en un contenedor. El suministro del aire necesario se efectuará mediante un grupo motosoplante por línea es accionado por motor. La recogida de grasa se realiza por medio de un sistema de rasquetas accionado por motor, hasta una tolva.

4. ALIVIO DE CAUDALES A TANQUE DE TORMENTAS.
   A la salida del desarenador-desengrasador se efectuará la medición del caudal de agua pretratada. El máximo caudal fijado de entrada al biológico es de 3xQmedio en verano. La diferencia entre este caudal y el máximo en pretratamiento (5xQp verano) se aliviará al tanque de tormentas. Cuando cesa la lluvia, el tanque de tormentas se vacía hasta el pozo bombeo de vaciados mediante la misma tubería de purga con conexión a dicho pozo mediante un juego de válvulas que permite enviar el fango inferior al pozo de recirculación de fangos y el agua decantada al pozo de

vaciados. Está impulsión se efectúa con (1+1) bombas sumergibles hasta el reparto del tratamiento biológico. El tanque de tormentas proyectado, que es exactamente igual a los decantadores secundarios, según las dimensiones de la Tabla 4.5.

5. TRATAMIENTO BIOLÓGICO.
   Se diseñan dos reactores biológicos tipo carrusel . La aireación del licor mezcla se realiza por medio de soplantes y difusores. Se ha previsto asimismo un acelerador de corriente por línea, que además de evitar la sedimentación del licor mezcla, permiten realizar la recirculación interna para la eliminación de nitrógeno y aumentar el tiempo de estancia de las burbujas de aire en el reactor aumentando la transferencia del oxígeno. La potencia de estos agitadores es la especificada en la Tabla 4.7. para cada una de las EDARs de este grupo. El oxígeno necesario se tomará del aire atmosférico, realizándose la transferencia al agua residual por medio de soplantes que lo inyectan en difusores sumergidos de burbuja fina. Las soplantes son de tipo ROOT trilobulares de émbolos rotativos y su regulación se realizará por medio de variadores de frecuencia, medidores de oxígeno disuelto en las cubas y medidores REDOX. La instalación es de dos unidades (1 por línea) y una unidad más en reserva. Los difusores sumergidos son de membrana, de 11” de diámetro y de burbuja fina, ubicados en una parrilla por línea y con potencia especificada en la Tabla 4..

6. DECANTACIÓN SECUNDARIA.
   La decantación secundaria está formada por dos decantadores circulares de tracción perimetral. El área de los decantadores más el tanque de tormentas para cada una de las EDARS se recogen en la Tabla 4.5. El sistema de recogida de agua se efectuará mediante vertedero dentado de acero inoxidable AISI-304 y placa deflectora para evitar que los flotantes salgan con el agua tratada. El puente de los decantadores será de tipo radial con rasqueta de fondo y extracción central hasta la arqueta de fangos biológicos. Asimismo, el puente va provisto de rasquetas de superficie para la eliminación de los flotantes acumulados.

LÍNEA DE FANGOS EDAR.

1. RECIRCULACIÓN DE FANGOS.
   La recirculación de fangos hasta el tratamiento biológico se efectuará de forma independiente para cada línea mediante dos bombas sumergibles (una para cada línea más otra de reserva). La recirculación es independiente para cada línea de biológico, con lo que es posible cambiar los parámetros de operación del proceso biológico en cualquier momento.

2. EXTRACCIÓN DE FANGOS EN EXCESO.
   El bombeo de los fangos al espesador por gravedad mediante dos bombas (una en reserva) centrífugas sumergibles con instalación fija desmontable.

3. ESPESADOR DE FANGOS BIOLÓGICOS.
   El espesado de fangos biológicos en exceso se efectúa por gravedad. Dispone de una cubierta de PRFV para desodorización. La extracción del fango hacia la instalación de deshidratación, mediante dos bombas (una de reserva).

4. ACONDICIONAMIENTO QUÍMICO DEL FANGO.
   El acondicionamiento químico del fango previo a su deshidratación, se efectuará mediante la dosificación de polielectrolito. La dosificación se efectuará mediante dos bombas (una de reserva).

5. DESHIDRATACIÓN DE FANGOS.
   La deshidratación de fangos se lleva a cabo mediante una centrífuga cuya potencia viene especificada en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7: Potencia instalada en las EDARs grupo 1

	POTENCIAS (kWh)
Pretratamiento y Tratamiento primario	
Tornillo desbaste (2)	1,5
Tornillo desarenado (2)	0,55
Tornillo de extracción (2)	1,1
Soplante demulsionado	1,5
Tornillo transportador a la prensa (2)	0,75
Bomba de grasas	0,55
Tanque de tormentas	0,09
Tratamiento secundario	
Soplante de aireación (3)	1,79
Agitador biológico (3)	4,3
Rasquetas decantador secundario (2)	0,09
Línea de Fangos	
Bomba de recirculación de fangos (3)	1,61
Bomba de extracción de fangos (2)	1,91
Bomba de vaciado (2)	3,74
Bomba de flotantes (2)	1,9
Espesador de fangos	0,9
Ventilación desodorización	15
Bomba fangos espesados (2)	0,37
Centrífuga	5,5
Bomba de transporte de fangos (2)	3

4.4.3.2. EDAR grupo 2. EDAR de Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar y EDAR de Torremenga

En este apartado se describe la instalación de las EDARs del grupo 1, recogiendo en la Tabla 4.9. los valores de diseño específicos para cada una de ellas, con especial atención en la potencia instalada en los equipos

LÍNEA DE AGUA EDAR.

1. LLEGADA Y POZO DE GRUESOS.
   El pozo de gruesos proyectado está equipado con extracción mediante cuchara bivalva. A la salida del pozo de gruesos está prevista la instalación de una reja manual antes de la conexión con la entrada al pretratamiento compacto.

2. PRETRATAMIENTO COMPACTO. DESBASTE Y DESARENADO.
   El pretratamiento en una línea del tipo compacto con desbaste y desarenado-desengrase,

formado por un tanque de acero inoxidable AISI 304/321. El desbaste se realiza en un tamiz rotativo por línea. Los residuos se extraen por medio de un tornillo prensa inclinado hasta el contenedor. El desarenado-desengrase es aireado y se realiza en la parte posterior del tanque. La extracción de arenas se efectúa mediante dos tornillos transportadores, uno horizontal y otro clasificador inclinado. El suministro del aire necesario se efectúa mediante un grupo motosoplante accionado por motor. La recogida de grasa se realiza por medio de un sistema de rasquetas accionado por motor hasta una tolva, desde donde una bomba envía la mezcla de grasas y flotantes hasta un contenedor drenado de grasas.

3. ALIVIO DE CAUDALES A TANQUE DE TORMENTAS.
   La regulación del alivio se realiza mediante una válvula automática-reguladora y un medidor de caudal ubicados en la tubería de entrada al biológico. El máximo caudal fijado de entrada al biológico es de 3xQmedio en verano. La diferencia entre este caudal y el máximo en pretratamiento (5xQp verano) se aliviará al tanque de tormentas. Cuando cesa la lluvia, el tanque de tormentas se vacía hasta el canal de entrada mencionado anteriormente, previo al biológico, mediante dos bombas horizontales. El tanque de tormentas proyectado será del tipo estático con unas dimensiones especificadas en la Tabla 4. para cada una de las EDARs.

4. TRATAMIENTO BIOLÓGICO.
   El tratamiento biológico se realiza en una sola línea mediante un reactor circular tipo Donut con el decantador secundario situado en el centro. Las dimensiones de este reactor se especifican en el apartado 4.4.2. La aireación del licor mezcla se realiza por medio de un rotor horizontal accionado por un motor cuya potencia se recoge en la Tabla 4.12. Se ha previsto asimismo un acelerador de corriente cuya potencia es de 0,9 kW (Tabla 4.9).

5. DECANTACIÓN SECUNDARIA.
   La decantación secundaria está formada por un decantador circular de tracción central con unas dimensiones recogidas en en el Anejo A. El sistema de recogida de agua se efectuará mediante vertedero dentado de acero inoxidable AISI-304 y placa deflectora para evitar que los flotantes pasen hacia salida de agua tratada. El sistema de rasquetas de los decantadores será de tipo diametral con rasqueta de fondo y extracción central hasta arqueta de fangos biológicos. Asimismo, el decantador va provisto de rasquetas de superficie para la eliminación de los flotantes acumulados.

LÍNEA DE FANGOS EDAR.

1. RECIRCULACIÓN DE FANGOS.
   La recirculación de fangos hasta el tratamiento biológico se efectuará mediante dos bombas centrifugas horizontales en cámara seca (1 de reserva). Estas bombas se ubican en una planta sótano del edificio de proceso, al igual que las bombas de vaciado del tanque de tormentas y las bombas de fangos en exceso.

2. EXTRACCIÓN DE FANGOS EN EXCESO.
   El bombeo de los fangos al espesador por gravedad se efectuará mediante dos bombas (1 de reserva) centrífugas horizontales en cámara seca.

3. ESPESADOR DE FANGOS BIOLÓGICOS.
   El espesado de fangos biológicos en exceso se efectuará por gravedad.

Tabla 4.9: Potencia instalada en las EDARs grupo 2

	POTENCIAS (kWh)
Pretratamiento y Tratamiento primario	
Tornillo desbaste	1,5
Tornillo desarenado	0,55
Tornillo de extracción	1,1
Soplante demulsionado	1,5
Tanque de tormentas	0,09
Tratamiento secundario	
Soplante de aireación (3)	1,79
Agitador biológico (3)	4,3
Rasquetas decantador secundario (2)	0,09
Línea de Fangos	
Bomba de recirculación de fangos (3)	1,61
Bomba de extracción de fangos (2)	1,91
Bomba de vaciado (2)	3,74
Bomba de flotantes (2)	1,9
Espesador de fangos	0,9
Ventilación desodorización	15
Bomba fangos espesados (2)	0,37

4.5. Concentraciones a obtener en el efluente

4.5.1. Concentraciones fijadas por la normativa

Los parámetros a garantizar en el agua tratada con el objeto de cumplir con las exigencias de la Directiva 91/271/CEE, transpuesta por el Real Decreto Ley 11/1995, de 28 de

diciembre y los objetivos de calidad fijados en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo. Hay que señalar, en lo que se refiere a las exigencias de la Directiva 91/271/CEE, que en el caso de la Comunidad Autónoma de Extremadura, se han considerado como zonas sensibles los embalses con elevado grado eutrófico y las masas de agua que tienen una incidencia notable en los abastecimientos. Asimismo, la Comunidad Autónoma ha querido proteger sus aguas más estrictamente de lo exigido por la Directiva 91/271, creando al efecto la figura de zonas protegidas. En estas nuevas zonas será necesario realizar una depuración análoga a las de las zonas sensibles sobre los vertidos que les afecten. En cualquier caso, ninguno de los núcleos incluidos en el presente estudio se encuentra ubicado en la cuenca vertiente de los embalses declarados como sensibles ni de los declarados como zona protegida. Por tanto, el tratamiento requerido en estas poblaciones según la Directiva 91/271/CEE se trata de un tratamiento secundario en el cual reducir las concentraciones de DBO_5, DQO y SS, no siendo necesario un tratamiento para la eliminación del nitrógeno ni del fósforo. El efluente de agua tratada en las EDAR cumplirá lo establecido en la Tabla 4.11:

Tabla 4.11: Requerimientos en el efluente según Directiva 91/271/CEE

REQUISITOS PARA LOS VERTIDOS PROCEDENTES DE INSTALACIONES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS MEDIANTE TRATAMIENTO SECUNDARIO (a)		
Parámetros	**Concentración**	**Porcentaje mínimo de reducción (b)**
DBO_5(c) (a 20º C sin nitrificación)	25 mg/l O_2	70-90 %
DQO	125 mg/l O_2	75 %
Total sólidos en suspensión	25 mg/l (d)	90 % (d)

(a) O proceso equivalente. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.
(b) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.
(c) Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre la DBO_5 y el parámetro sustituto.
(d) Este requisito es optativo. Los análisis de vertidos procedentes de sistemas de depuración por lagunaje se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos en suspensión en las muestras de agua sin filtrar no deberá superar los 150 mg/l.

La WF_{grey} se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar una carga de contaminantes a un cuerpo de agua dulce, basado en las concentraciones naturales de la masa de agua receptora y las normas existentes de calidad del agua (Franke *et al.*, 2013). Por tanto, Las concentraciones del agua depurada fijadas por la norma (Tabla 4.11) son aquellas definidas como concentraciones máximas, c_{max}, en las expresiones

para el cálculo de la Huella Hídrica Gris, WF_{grey}, recogidas en el capítulo 3 del presente documento. Y, aun no siendo obligatorio su tratamiento, se ha evaluado los parámetros de nitrógeno, N, y fósforo, P, en el cálculo de la huella hídrica, tomando como valores c_{max} los fijados por la misma norma (Tabla 4.12). En la Tabla 4.12 puede observase que se ha considerado para la concentración de SS como valor definido por la norma de 35 mg/l como valor límite máximo, aunque es un requisito optativo, como se señala en la Tabla 4.11.

Tabla 4.12: Concentración máxima y natural para cada parámetro

Concentraciones c_{max} y c_{nat}		
	c_{max}(mg/l)	**c_{nat}(mg/l)**
DBO_5	25	2
DQO	125	20
SS	35	2
N	15	2
P	2	0,05

4.5.2. Concentraciones en el medio natural

Las concentraciones naturales de los distintos parámetros contaminantes de la masa de agua dulce (Tabla 2) son conocidas a partir del control del Estado Ecológico en ríos realizado por Confederación Hidrográfica del Tajo, con el fin de dar cumplimiento a la Directiva Marco del Agua. En lo que se refiere a los indicadores de calidad fisicoquímicos, parámetros controlados son los incluidos en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13: Indicadores fisicoquímicos analizados Confederación Hidrográfica del Tajo

Elemento de calidad	Indicadores FQ	Lím. para el buen estado
-Condiciones térmicas.	-Temperatura media del agua.	
-Condiciones de oxigenación.	-Oxígeno disuelto. -Tasa de saturación. -DBO_5.	-OD>=5 mg/l -60 %<=Tasa sat.>=120 % -DBO_5<=6mg/l O_2
-Condiciones de salinidad.	-Conductividad 20ºC -Opcional: dureza total, cloruros y sulfitos.	
-Condiciones de acidificación.	-pH. -Opcional: alcalinidad.	-6<=pH<=9.
-Condiciones de nutrientes.	-Amonio total. -Nitratos. -Fosfatos. -Opcional: Nitrógeno total. -Opcional: Fósforo total.	-<=1 mg/l NH_4 -<=25 mg/l NO_3 -<=0,4 mg/l PO_4
-Contaminantes específicos no sintéticos vertidos en cantidades significativas.	-Contaminantes no sintéticos del anexo II del RDPH y sustancias no sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del RDPH, para los que no existan normas europeas de calidad.	
-Contaminantes específicos sintéticos vertidos en cantidades significativas.	-Contaminantes sintéticos del anexo II del RDPH y sustancias no sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del RDPH, para los que no existan normas europeas de calidad.	

Estos indicadores fisicoquímicos se controlan mediante la red de calidad general fisicoquímica, y pueden consultarse de forma online en la página de la propia Confederación (CHT, 2017). De las estaciones disponibles, aquella que se sitúa en el río receptor de los efluentes de las EDARs o similar a éste es la situada en la población de Jaraíz de la Vera (Figura 4.3).

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO

Estaciones de control

Red CEMAS

Estación de control

Número: 340
Nombre: Jaraíz de la Vera - Jaranda
Código: TA59909012

Localización de la estación

Cauce:	Garganta Jaranda	**Coordenadas del punto de muestreo**	
Municipio:	Jaraíz de la Vera	*UTM X:*	*268.196*
Provincia:	Cáceres	*UTM Y:*	*4.431.551*
CC.AA.:	Extremadura	*Huso:*	*30*

Uso Tramo: *CG*

Figura 4.3: Estación de control Jaraíz de la Vera. Confederación Hidrográfica del Tajo

A partir de la consulta de los resultados obtenidos por Confederación (Figura 4.4) se han obtenido los valores promedio para los años de estudio recogidos en la Tabla 4.12 como c_{nat}. Se observa que el parámetro contaminante de SS no es analizado por la Confederación es por ello, que se ha considerado un valor de concentración natural de 2 mg/l como valor promedio hipotético existente en el cauce natural en función de la consulta a otras estaciones de la propia Confederación dentro de la provincia de Cáceres en las cuales sí se ha realizado este análisis.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO — Año 2014 — RESULTADOS

U.T.M X: 268.196 Y: 4.431.551 (HUSO 30)

Estación número 340 — JARAÍZ DE LA VERA - JARANDA — Cauce GARGANTA JARANDA — Municipio Jaraiz de la Vera

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
FECHA TOMA MUESTRA	---	04/02/2014	---	---	20/05/2014	---	---	05/08/2014	---	---	16/11/2014	---
HORA TOMA MUESTRA	---	12:20:20	---	---	14:00:00	---	---	14:15:00	---	---	14:25:00	---
TIPO DE ANALISIS	---	CGC	---	---	CGC	---	---	CGC	---	---	CGC	---
Caudal (m³/s)	---		---	---		---	---		---	---		---
Temp. Ambiente (ºC)	---		---	---		---	---		---	---		---
Temp. del agua (ºC)	---	8.2	---	---	14.7	---	---	24.6	---	---	11.8	---
pH ()	---	7.0	---	---	7.2	---	---	7.4	---	---	7.1	---
Oxígeno dis. (mg/l)	---	11.1	---	---	9.6	---	---	7.6	---	---	10	---
Oxig. Disuelto (% sat.)	---	94.1	---	---	94	---	---	91	---	---	97	---
Conductividad (µS/cm)	---	30	---	---	38	---	---	58	---	---	22	---
DBO5 (mg O2/l)	---	<2	---	---	<2	---	---	<2	---	---	<2	---
DQO (Cr2O7) (mg O2/l)	---	<20	---	---	<20	---	---	<20	---	---	<20	---
Sólidos en suspensión (mg/l)	---		---	---		---	---		---	---		---
Nitratos (mg NO3/l)	---	3.4	---	---	3.9	---	---	10	---	---	<2.5	---
Nitritos (mg NO2/l)	---	<0.05	---	---	<0.05	---	---	<0.05	---	---	<0.05	---
Amonio (mg NH4/l)	---	<0.1	---	---	<0.1	---	---	0.3	---	---	<0.1	---
Amon. no ion. (mg NH3/l)	---		---	---		---	---		---	---		---
Nitróg. Kjeldahl (mg N/l)	---		---	---		---	---		---	---		---
Nitrógeno total (mgN/l)	---	<2.0	---	---	<2.0	---	---	3.2	---	---	<2.0	---
Fósforo total (mg P/l)	---	<0.05	---	---	<0.05	---	---	0.21	---	---	0.08	---
Fosfatos (mg PO4/l)	---	<0.10	---	---	0.12	---	---	0.51	---	---	<0.10	---
Sulfatos (mg SO4/l)	---	<10	---	---	<10	---	---	<10	---	---	<10	---
Bicarbonatos (mg CaCO3/l)	---		---	---		---	---		---	---		---
Cloruros (mg Cl/l)	---	<10	---	---	<10	---	---	<10	---	---	<10	---
Fluoruros (mg F/l)	---	<0.10	---	---	<0.10	---	---	<0.10	---	---	<0.10	---
Cianuros (mg CN/l)	---		---	---		---	---		---	---		---
Calcio (mg Ca/l)	---	<5.0	---	---	<5.0	---	---	<5.0	---	---	<5.0	---
Magnesio (mg Mg/l)	---	<5.0	---	---	<5.0	---	---	<5.0	---	---	<5.0	---
Sodio (mg Na/l)	---	<5.0	---	---	<5.0	---	---	<5.0	---	---	<5.0	---
Potasio (mg K/l)	---	<2.5	---	---	<2.5	---	---	<2.5	---	---	<2.5	---
Arsénico (mg As/l)	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---
Cadmio (mg Cd/l)	---	<0.002	---	---	<0.002	---	---	<0.002	---	---	<0.002	---
Cobre (mg Cu/l)	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---
Cromo total (mg Cr/l)	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---
Mercurio (mg Hg/l)	---	<0.0005	---	---	<0.0001	---	---	<0.0001	---	---	<0.0001	---
Níquel (mg Ni/l)	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---
Plomo (mg Pb/l)	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---
Selenio (mg Se/l)	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---
Zinc (mg Zn/l)	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---	---	<0.02	---
Hierro (mg Fe/l)	---	<0.05	---	---	<0.05	---	---	<0.05	---	---	<0.05	---
Manganeso (mg Mn/l)	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---	---	<0.01	---
Hidrocarb. dis. (mg/l)	---		---	---		---	---		---	---		---
Tensoactivos (mg LAS/l)	---		---	---		---	---		---	---		---
Colif. Tot. (UFC/100ml)	---		---	---		---	---		---	---		---
Estrep. Fec. (UFC/100ml)	---		---	---		---	---		---	---		---
Colif. Fec. (UFC/100ml)	---		---	---		---	---		---	---		---
Salmonellas (1000ml)	---		---	---		---	---		---	---		---
Aluminio (mg Al/l)	---	<0.2	---	---	<0.2	---	---	<0.2	---	---	<0.2	---

Figura 4.4: Resultados del control fisicoquímico de la Confederación Hidrográfica del Tajo para la estación de Jaraíz de la Vera para el año 2014

4.6. Datos de explotación de los años estudiados

A continuación se recogen los valores promedio mensuales de explotación para los años de estudio de las cuatro EDARs evaluadas. En el Anejo Bse pueden consultar los datos de explotación necesarios (definidos en la Figura 3.5) de una forma más detallada.

4.6.1. EDAR Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste

Tabla 4.14: Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Cuacos

	2013	**2014**	**2015**	**2016**
Q_{raw} (m^3/mes)	52.782,33	56.406,42	52.435,25	64.623,82
Q_{ef} (m^3/mes)	55.354,92	48.288,25	37.872,42	56.241,29
C_{raw} (mg/l)				
DBO_5	378,83	188,83	318,08	144,92
DQO	957,25	377,67	894,00	301,33
SS	618,75	154,33	442,00	80,92
N	81,75	54,33	49,92	45,09
P	15,73	3,68	4,86	2,30
C_{ef} (mg/l)				
DBO_5	16,69	12,38	8,20	8,02
DQO	48,30	24,75	23,80	23,35
SS	27,40	18,21	18,50	20,08
N	15,33	9,54	9,71	9,90
P	3,45	0,98	0,71	0,53
Consumo Eléctrico (kWh/mes)	22.061,42	18.977,75	21.286,08	21.661,00
Fangos (t)	29	26,88	28,94	46,19

4.6.2. EDAR Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar

Tabla 4.15: Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Tejeda

	2013	**2014**	**2015**	**2016**
Q_{raw} (m^3/mes)	40.334,67	42.866,83	33.102,00	33.068,04
Q_{ef} (m^3/mes)	38.830,06	57.380,25	31.680,25	54.215,75
C_{raw} (mg/l)				
DBO_5	115,17	93,58	113,83	110,67
DQO	288,92	280,75	284,00	275,15
SS	186,00	101,17	90,92	88,17
N	25,17	29,00	23,83	23,92
P	3,46	4,69	2,19	2,09
C_{ef} (mg/l)				
DBO_5	8,88	11,75	5,75	7,25
DQO	26,00	48,92	15,50	18,25
SS	15,50	15,42	5,67	7,75
N	8,17	4,62	7,25	7,50
P	1,43	0,83	1,22	0,98
Consumo Eléctrico (kWh/mes)	8.127,92	8.394,25	7.799,83	5.832,04
Fangos (t)	8,46	64,13	49,90	71,07

4.6.3. EDAR Valverde de la Vera y Villanueva de la Vera

Tabla 4.16: Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Villanueva

	2014	**2015**	**2016**
Q_{raw} (m^3/mes)	55.210,75	39.335,25	55.347,00
Q_{ef} (m^3/mes)	56.838,75	73.178,75	41.529,72
C_{raw} (mg/l)			
DBO_5	135,13	160,83	147,83
DQO	411,04	356,25	342,20
SS	115,17	156,00	127,08
N	45,63	23,81	25,00
P	4,21	2,68	2,79
C_{ef} (mg/l)			
DBO_5	17,46	6,00	7,83
DQO	63,46	12,75	16,00
SS	16,96	5,21	7,83
N	7,83	8,55	7,23
P	0,73	0,71	0,81
Consumo Eléctrico (kWh/mes)	10.425,83	9.372,58	9.188,88
Fangos t)	27,78	23,47	19,02

4.6.4. EDAR Torremenga

Tabla 4.17: Valores medios de parámetros de explotación de la EDAR Torremenga

	2014	**2015**	**2016**
Q_{raw} (m^3/mes)	12.804,08	10.603,67	15.517,98
Q_{ef} (m^3/mes)	11.496,50	8.654,58	13.568,12
C_{raw} (mg/l)			
DBO_5	119,00	94,83	96,92
DQO	357,00	265,25	234,73
SS	136,58	75,33	89,09
N	31,25	21,08	21,00
P	4,63	1,96	1,84
C_{ef} (mg/l)			
DBO_5	13,67	7,08	7,33
DQO	59,50	14,08	14,08
SS	21,25	7,25	8,75
N	5,48	4,83	11,92
P	0,81	0,96	0,85
Consumo Eléctrico (kWh/mes)	3.958,58	5.029,08	3.595,42

Capítulo 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Introducción

En este capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos tras aplicar la metodología expuesta en el capítulo 3 para el cálculo de la huella hídrica y huella de carbono y la evaluación conjunta de ambas para describir la eficiencia del tratamiento en varias estaciones depuradoras de aguas residuales, las cuales han sido descritas en el capítulo 4 y los datos mensuales de explotación se recogen en el Anejo B.
En primer lugar, se exponen los resultados mensual promedio y anual de huella hídrica y anuales de huella de carbono obtenidos para cada una de las cuatro depuradoras evaluadas en el periodo de tiempo estudiado:
• 2013 - 2016 para EDAR Cuacos y EDAR Tejeda
• 2014 – 2016 para EDAR Villanueva y EDAR Torremenga
Dentro de la huella hídrica se estudiará de forma especial la perteneciente al consumo energético de las diferentes fases de depuración de la planta según la metodología expuesta en el apartado 3. 2.1.1, para los años 2014 y 2015 de la planta depuradora de Cuacos de Yuste. En lo referente a la huella hídrica gris, cuya metodología se expone en el apartado 3.2.2, los parámetros contaminantes evaluados son DBO5, DQO, SS y N y P. El control de las concentraciones de vertido de los dos primeros, DBO_5y DQO, son de obligado cumplimiento para las EDARs estudiadas y los límites han sido fijados por la DIRECTIVA 91/271/CEE. En el caso del N y P no son de obligado cumplimiento por el tamaño de población de las plantas estudiadas, no obstante, se ha realizado el cálculo para dichos contaminantes. También se presentan los valores de los ratios definidos (apartado 3. 4) con el fin de caracterizar la eficiencia del tratamiento de cada una de las plantas depuradoras en función del consumo y emisiones producidas para ello. En el apartado 5.5 se recoge la comparación de los resultados de huella y ratios obtenidos para cada una de las plantas en función de la unidad definida como funcional, el volumen de agua de entrada de la planta. Los datos base de partida de cada EDAR se recogen en Anejo.

5.2. EDAR de Cuacos de Yuste y Aldeanueva de La Vera

5.2.1. Evaluación de la Huella Hídrica

En la Tabla 5.1 se recogen los valores medio mensuales para los cuatro años de estudio de la EDAR de Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste.
La WF_{Blue} media mensual obtenida a partir de la expresión 3.2, está compuesta por el volumen de agua evaporada, el volumen de agua incoprporado en los lodos y la huella hídrica debida al consumo eléctrico, esta última evaluada a partir de la expresión 3.3. Se observa como el consumo eléctrico es el factor determinante en la WF_{Blue}, representa

aproximadamente el 99,8 % del valor del total, con un valor medio para los cuatro años de 61.250 m^3/mes.

Tabla 5.1: Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Cuacos de Yuste

m^3/mes	2013	2014	2015	2016
WF_{Blue}				
Electricidad	6,35E+04	5,47E+04	6,13E+04	6,24E+04
Fangos	2,52E+01	2,34E+01	2,52E+01	4,02E+01
Evaporación	8,25E+01	8,25E+01	8,25E+01	8,25E+01
TOTAL	6,36E+04	5,48E+04	6,14E+04	6,25E+04
$WF_{GreyRaw}$				
DBO_5	7,77E+05	4,47E+05	6,71E+05	3,13E+05
DQO	4,26E+05	1,51E+05	3,79E+05	8,95E+04
SS	9,21E+05	2,27E+05	6,46E+05	8,12E+04
N	2,72E+05	1,69E+05	1,40E+05	1,48E+05
P	3,96E+05	5,12E+04	7,63E+04	9,37E+03
WF_{GreyEf}				
DBO_5	8,21E+04	7,90E+04	1,89E+05	1,73E+05
DQO	4,31E+05	6,12E+04	-4,05E+05 $^{(0_-)}$	-4,34E+05 $^{(0_-)}$
SS	4,64E+04	6,68E+04	1,06E+05	5,07E+04
N	4,58E+03	4,21E+04	3,76E+04	3,75E+04
P	-1,78E+04 $^{(0^-)}$	2,53E+05	1,37E+05	3,40E+05
ΔWF_{Grey}				
DBO_5	2,34E+06	1,25E+06	4,26E+06	1,52E+06
DQO	3,65E+06	1,11E+06	-3,86E+06$^{(0_-)}$	-8,45E+04$^{(0_-)}$
SS	1,73E+07	6,41E+05	1,65+06	2,08E+05
N	2,71E+05	3,85E+05	3,09E+05	1,74E+05
P	2,21E+05	4,44E+05	5,98E+05	5,88E+04

(0_-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)
(0^-) concentración efluente mayor que la concentración máxima de normativa ($c_{ef} > c_{max}$)

El parámetro contaminante más restrictivo es el parámetro de la DBO_5, tal y como se observa en la Tabla 5.1 para los valores medios mensuales del indicador $WF_{GreyRaw}$ (3.10) para cada año de explotación, obteniéndose un valor de 777.043,19 m^3/ mes para el año 2013. No obstante, se observa que el mayor valor de $WF_{GreyRaw}$ se produce en el año 2013 para el parámetro contaminante de sólidos en suspensión, con un valor de 920.960,40 m^3/mes. Los valores medio mensuales de $WF_{GreyRaw}$ mayores se producen para los contaminantes para los cuales es requerido el tratamiento según la Directiva 91/271/CEE - DBO5, DQO y SS - y presenta un menor valor para el nitrógeno y el fósforo, para los cuales - en este caso- no es necesario un tratamiento para su reducción.
El nuevo indicador propuesto, Huella hídrica gris operacional(WF_{GreyEf}) obtenido a partir de la expresión 3.12 indica el volumen de agua de seguridad con el cual trabaja la

depuradora para verter por debajo de los valores establecidos por la norma. Es decir, se trata de un parámetro que indica la gestión de la depuradora en términos de cumplimiento de la norma en el efluente. En la Tabla 5.1 se observa de forma general un aumento de este indicador en el valor medio mensual a lo largo de los cuatro años para los parámetros contaminantes estudiados. Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf} son indicativos de dos escenarios diferentes descritos en la Figura 3.6:
- *Alta función depurativa* (0_-): concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} > c_{nat}$). Es el caso del parámetro DQO para los años 2015 y 2016.
- *No cumplimiento de la norma de vertido* (0^-): concentración efluente mayor que la concentración máxima de normativa ($c_{ef} > c_{max}$). Es el caso del parámetro P para el año 2013, que como ya se ha indicado anteriormente, en la EDAR estudiada no es obligatorio el tratamiento para la disminución de dicho contaminante.
Con respecto al indicador de Reducción de Huella Hídrica Gris (ΔWF_{Grey}) obtenido con la expresión 3.14 y basado en la propuesta de Gu *et al.* (2016) comparado con el indicador WF_{GreyEf} tendremos un mejor comportamiento si ambos indicadores son elevados, pues un valor mayor de WF_{GreyEf} indica un mayor margen de volumen operacional en la planta y unido a un alto valor de ΔWF_{Grey} nos indicará que se ha producido con una fuerte reducción de la carga contaminante. Observamos en la Tabla 5.1 para el parámetro contaminante de DBO_5este hecho se produce en el año 2015, donde presenta un valor medio de 188.896,82 m^3/mes para WF_{GreyEf} junto con una reducción de 4.235.240,26 m^3/mes. Sin embargo, para el parámetro SS tenemos la situación de aún con un elevado valor de ΔWF_{Grey} para el año 2013, este viene marcado por una elevada contaminante a la entrada de la EDAR sin producirse el mayor margen de seguridad en ese año.

La Figura 5.2.1 muestra, en términos de huella hídrica, el impacto que se produciría en el medio de no existir la estación depuradora de Cuacos de Yuste.En ese escenario, el único componente de la huella hídrica total - WF ecuación 3.1- es igual a $WF_{GreyRaw}$. En cambio, la existencia de la EDAR produce un impacto en el medio, indicado por la huella hídrica total cuya componente en este caso sería solo la WF_{Blue} (3.2), siendo significativamente menor la huella existente debida al propio funcionamiento de la EDAR.
A partir de la expresión 5.1se obtiene el ratio de reducción de WF de su valor en el escenario sin tratamiento, $WF_{GreyRaw}$, al escenario con tratamiento, WF_{Blue}.

$$\%reducción = \frac{WF_{GreyRaw} - WF_{Blue}}{WF_{GreyRaw}} \times 100 \tag{5.1}$$

Así, por ejemplo, para el año 2013 se produce una reducción de un 91,81 % en términos de huella hídrica para el parámetro contaminante DBO_5, 85,06 % para DQO, 93,09 % para SS, 76,58 % para N y 83,93 % para P , si comparamos para cada uno de ellos el valor

medio mensual de la $WF_{GreyRaw}$, escenario de no tratamiento, con el valor de la WF_{Blue}, escenario de explotación de la EDAR estudiada.

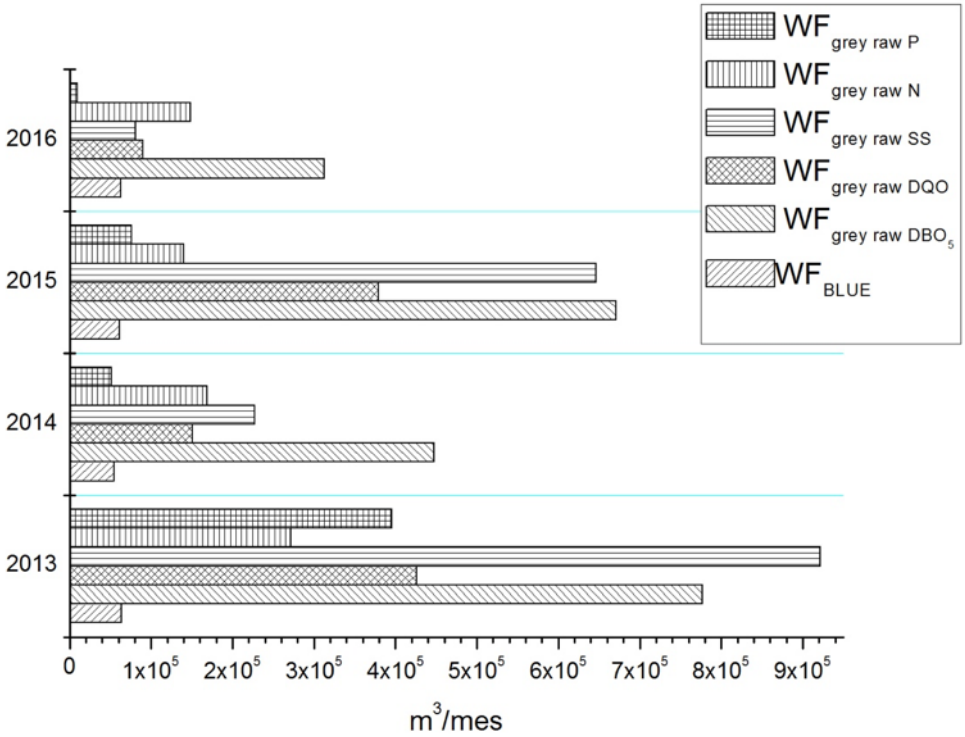

Figura 5.1: Valores medio mensuales para los años de estudio de WF_{Blue} y $WF_{GreyRaw}$ para la EDAR de Cuacos de Yuste

A continuación, la Figura 5.2.1 muestra el gráfico de la evolución de los indicadores de Huella Hídrica mensuales a lo largo de los cuatro años de estudio para el contaminante más restrictivo, DBO_5(resultados detallados en Anejo C). En la gráfica de $WF_{GreyRaw}$ se observa un valor pico para el mes de enero del año 2015, con un valor de 1.047.743,65 m^3/mes, y el valor mínimo para el mes de febrero de 2016, 169.847,14 m^3/mes. El año 2016 presenta valores menores de $WF_{GreyRaw}$ debido a que se produce una carga contaminante menor en dicho periodo. Sin embargo, dicha reducción en la carga contaminante no se traduce en una reducción en del consumo energético, factor limitante en la WF_{Blue}. Los valores de WF_{Blue} presentan una evolución aproximadamente constante, siendo el rango de valores entre 4,52E+04 m^3/mes y 8,25E+04 m^3/mes.

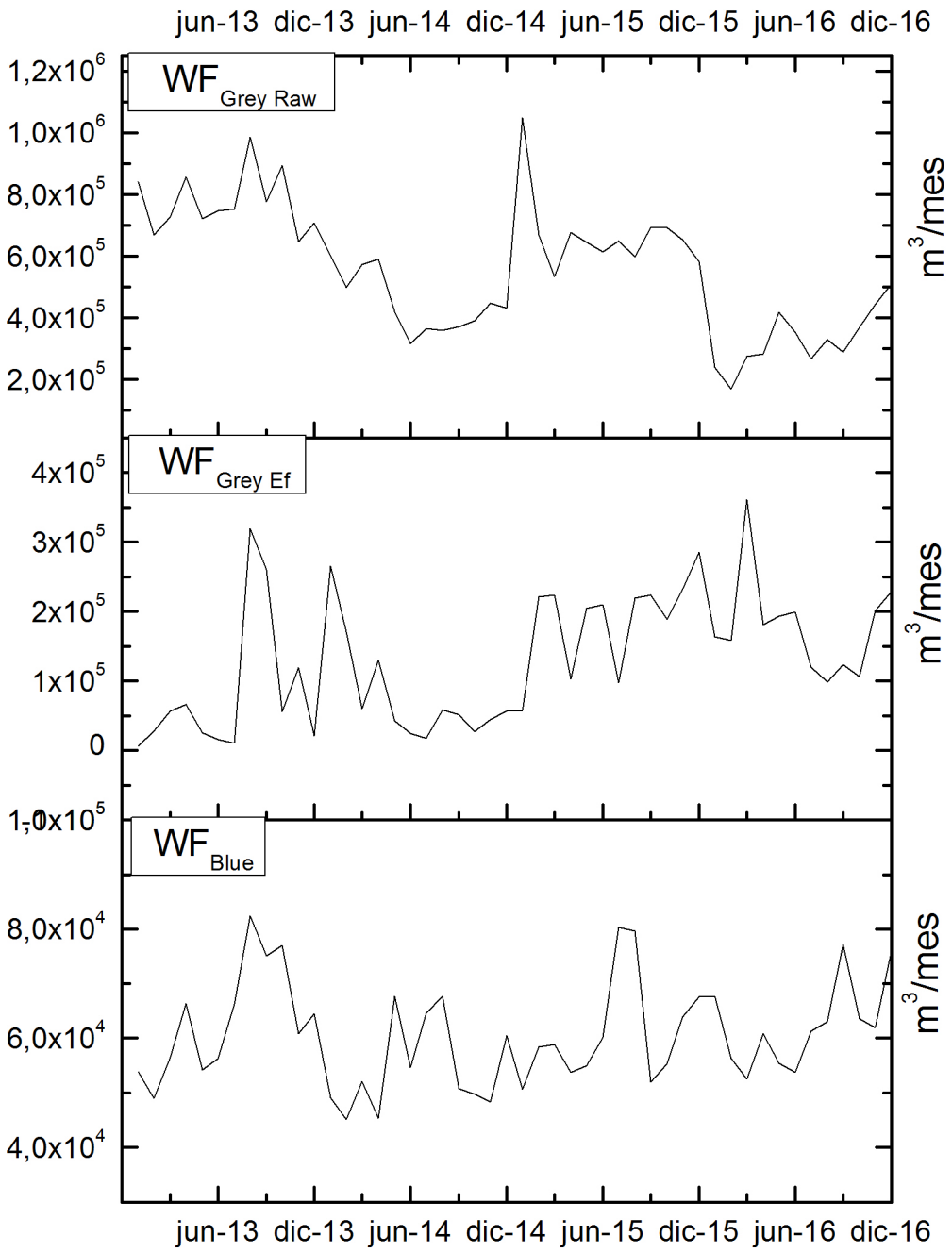

Figura 5.2: Valores anuales para los años de estudio de Huella Hídrica para la EDAR de Cuacos de Yuste

En cuanto al indicador de la función depuradora, WF_{GreyEf} para el parámetro de la DBO_5 se observa un comportamiento irregular para los dos primeros años de estudio, siendo

el segundo semestre de 2014 el de peor comportamiento en cuanto a este indicador, sin producirse en este periodo un aumento de la carga contaminante de carga excesiva ni de consumo energético. Sin embargo, en los años 2015 y 2016 su evolución ha sido ascendente, situándose en valores entre 5,76E+04 m^3/mes y 3,61E+05 m^3/mes sin producirse un aumento considerable del valor de WF_{Blue} para dicho periodo.

Tabla 5.2: Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Cuacos de Yuste

m^3/año	2013	2014	2015	2016
WF_{Blue}				
Electricidad	7,62E+05	6,56E+05	7,36E+05	7,49E+05
Fangos	3,03E+02	2,81E+02	3,02E+02	4,82E+01
Evaporación	9,90E+02	9,90E+02	9,90E+02	9,90E+02
TOTAL	7,64E+05	6,57E+05	7,37E+05	7,50E+05
$WF_{GreyRaw}$				
DBO_5	9,32E+06	5,36E+06	8,05E+06	3,44E+06
DQO	5,11E+06	1,81E+06	4,55E+06	9,85E+05
SS		2,72E+06	7,76E+06	8,93E+05
N	3,26E+06	2,03E+06	1,86E+06	1,78E+06
P	4,75E+06	6,15E+05	9,16E+05	1,12E+05
WF_{GreyEf}				
DBO_5	9,59E+06	9,48E+05	2,27E+06	1,91E+06
DQO	5,55E+06	7,34E+05	-4,86E+06$^{(0_-)}$	-4,77E+06$^{(0_-)}$
SS		8,01E+05	1,27E+06	5,58E+05
N	5,50E+04	5,05E+05	4,51E+05	4,50E+05
P	-2,14E+05$^{(0^-)}$	3,03E+06	1,65E+06	4,09E+06
ΔWF_{Grey}				
DBO_5	2,80E+07	1,50E+07	5,08E+07	1,67E+07
DQO	4,38E+07	1,33E+07	-4,63E+07$^{(0_-)}$	-9,30E+05$^{(0_-)}$
SS	2,08E+07	7,69E+06	1,98E+07	2,29E+06
N	3,25E+06	4,62E+06	3,71E+06	2,09E+06
P	2,65E+06	5,33E+06	7,18E+06	7,06E+05

(0_-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)
(0^-) concentración efluente mayor que la concentración máxima de normativa ($c_{ef} > c_{max}$)

Los valores anuales obtenidos en la evaluación de la Huella Hídrica se recogen en la Tabla 5.2 y representados en la Figura 5.2.1 los valores de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} de los contaminantes a controlar en este tipo de planta depuradora según la normativa. Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf} para la DQO es indicativo de una alta función depurativa, concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$). Es el caso del parámetro DQO, es decir, para este parámetro contaminante la planta está actuando como un ahorro de volumen de agua hipotético para llevar a cabo la función autodepuradora del medio receptor.

Si comparamos el indicador de volumen operacional con los impactos en términos de WF_{Blue}para los años estudiados en la EDAR de Cuacos de Yuste, se observa en la Figura 5.2.1 como, produciéndose un aumento aproximadamente del 93 % en la función depuradora para el parámetro de la DBO_5, los valores de WF_{Blue} han aumentado en menor medida de un año a otro, aproximadamente un 56 %.

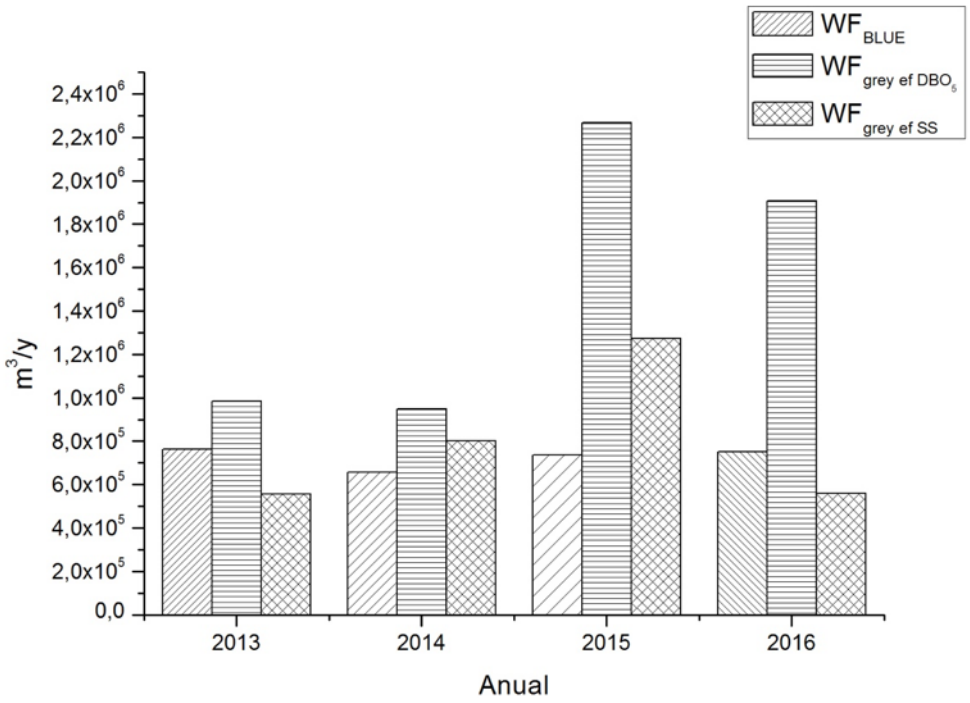

Figura 5.3: Valores anuales para los años de estudio de Huella Hídrica para la EDAR de Cuacos de Yuste

5.2.2. Evaluación de la Huella de Carbono

En la Tabla 5.3 se recogen los valores anuales de Huella de Carbono para los años de estudio en la EDAR de Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste a partir de la expresión 3.15.

Se ha estimado el mayor valor de Huella de Carbono se ha producido en el año 2013, con 377.754,59 kg CO2/año emitidos. Los valores de masa de CO_2-eq por cada metro cúbico de agua tratada para los años 2013,2014, 2015 y 2016 son de 0,60, 0,33, 0,52 y 0,30 kg CO_2/m^3, respectivamente. Por tanto, se producen las menores emisiones en el año 2016 por cada metro cúbico de agua tratada, hecho que puede explicarse debido al ser la estimación de fuente de metano directa dependiente de los valores de entrada de carga contaminante de DBO_5, siendo para el año 2016 el año con menor entrada de los estudiados, pero trabajando con caudales similares de entrada al biológico. En los

cuatro años de estudio las mayores emisiones corresponden a las estimadas como directas de metano (IPCC, 2016), siendo por ejemplo el 58 % del total de las emisiones para el año 2016 las correspondientes a esta fuente, seguida por la huella de carbono debida al consumo eléctrico siendo aproximadamente cercano al 30 % de los emisiones totales en los años de estudio. Tanto para los años 2013 como 2016, no se disponen los datos del volumen destinado a las diferentes parcelas agrícolas, por lo que no puede estimarse su huella de carbono debida al transporte de los mismos.

Tabla 5.3: Valores de Huella de Carbono anuales para EDAR Cuacos de Yuste

kg CO_2/anual	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Directas				
CH_4	2,76E+05	1,53E+05	2,26E+05	1,32E+05
N_2O	2,35E+04	1,29E+04	1,03E+04	1,59E+04
TOTAL	3,00E+05	1,66E+05	2,37E+05	1,48E+05
Indirectas				
Electricidad	7,79E+04	7,74E+04	8,68E+04	8,68E+04
Fangos	6,68E-02	9,22E-02	9,22E-02	1,06E-01
Transporte		2,57E+03	2,38E+03	
TOTAL	7,79E+04	8,00E+04	8,92E+04	8,68E+04
CF TOTAL	3,78E+05	2,46E+05	3,26E+05	2,35E+05
CF/m^3 agua tratada	0,60	0,33	0,52	0,30

Si comparamos el indicador de volumen operacional con los impactos en términos de CF se observa en el Gráfico 5.2.2 como, produciéndose un aumento aproximadamente del 93 % en la función depuradora para el parámetro de la DBO_5, los valores de CF se han mantenido relativamente estables, entorno a los 2,96E+05 $kgCO_2/m^3$.

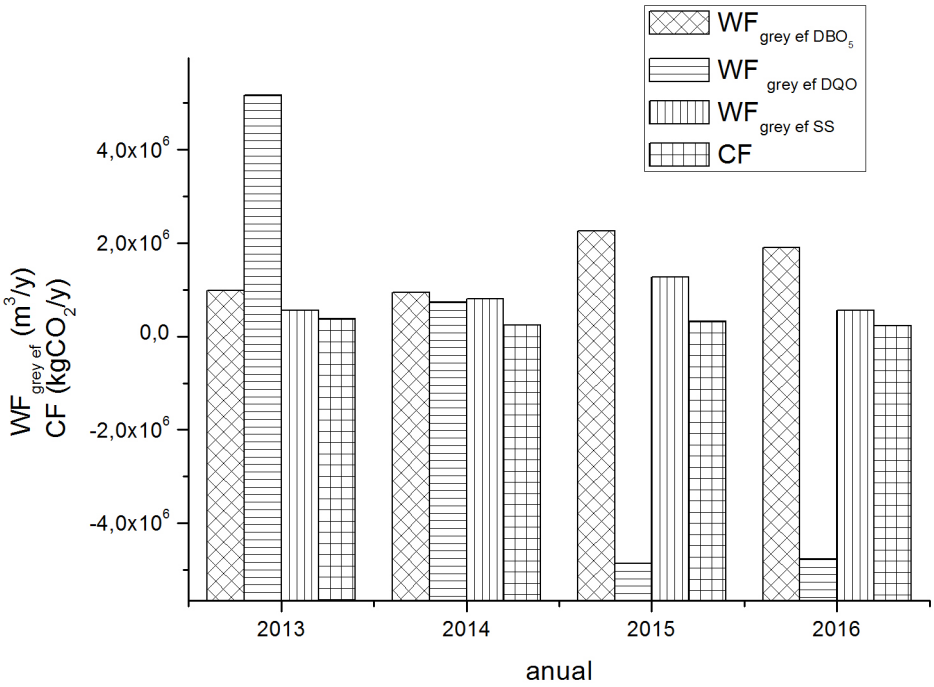

Figura 5.4: Valores anuales para los años de estudio de Huella Hídrica para la EDAR de Cuacos de Yuste

5.2.3. Evaluación de sostenibilidad

La relación del nuevo indicador deWF_{GreyEf} (3.12) con WF_{Blue} (3.2) se define como *eficiencia de huella hídrica* (EWF) expresado según la ecuación 3.22 . Ratio adimensional que establece la relación del volumen de agua consumida directa o indirectamente con la función depuradora de la planta. Si se relaciona el nuevo indicador con la huella de carbono, se obtiene la *eficiencia de huella de carbono* (ECF) según la ecuación 3.23, medido en $kgCO_2/m^3$ e indica el impacto ambiental en término de emisiones de gases de efecto invernadero en relación con la función depuradora de la planta.

Tabla 5.4: Valores de EWF y ECF para EDAR Cuacos de Yuste

	2013	2014	2015	2016
EWF				
DBO_5	0,77	0,69	0,33	0,63
DQO	0,15	0,90	-0,15 $^{(0_-)}$	-0,25 $^{(0_-)}$
SS	1,37	0,82	0,58	2,14
N	13,89	1,30	1,63	2,65
P	-3,58 $^{(0^-)}$	0,22	0,45	0,29
ECF				
DBO_5	0,38	0,26	0,14	0,12
DQO	0,07	0,34	-0,07	-0,05
SS	0,68	0,31	0,26	0,42
N	6,87	0,49	0,72	0,52
P	-1,77	0,08	0,20	0,06

(0_-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)
(0^-) concentración efluente mayor que la concentración máxima de normativa ($c_{ef} > c_{max}$)

En la Tabla 5.4 se recogen los valores de EWF y ECF para cada uno de los parámetros contaminantes en los años de estudio. El año 2015 es el que presenta un menor valor de EWF para todos los contaminantes, por ejemplo de 0,33 para DBO5 , es decir, corresponde a una mayor eficiencia en el uso de los recursos para cumplir la función depuradora de la planta, se produce un consumo de 0,33 m^3 de agua por cada metro cúbico de agua virtual necesaria para diluir la carga contaminante en el efluente. El año menos eficiente en cuanto a consumo de agua en relación con la función depuradora es el año 2013, con por ejemplo 13,89 de valor para el nitrógeno. De igual modo, un valor bajo de ECF expresado como kg CO_2 /m^3 corresponde a una baja emisión de gases de efecto invernadero por parte de la planta al realiza su función depuradora. Se produce, al igual que para el ratio EWF, en el año 2015 para los parámetros contaminantes requeridos por la norma, por ejemplo 0,26 kg CO_2/m^3 WF_{GreyEf} para los SS. El año con los valores más elevados, y, por tanto, el año menos eficiente en términos de emisiones de GHG es el año 2013.

5.3. EDAR de Arroyomolinos de La Vera, Pasarón de La Vera y Tejeda de Tiétar

5.3.1. Evaluación Huella Hídrica

En la Tabla 55.5 se recogen los valores medio mensuales para los cuatro años de estudio de la EDAR de Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tiétar. La WF_{Blue} media mensual obtenida a partir de la expresión 3.2 tiene como factor determi-

nante el consumo eléctrico, representa aproximadamente el 99,6 % del valor de la Huella Azul total, con un valor medio para los cuatro años de 21.821,90 m^3/mes. El parámetro contaminante más restrictivo es el parámetro de la DBO_5. En la Tabla 5.5 se aprecia para los valores de$WF_{GreyRaw}$ como la estación depuradora presenta un mayor valor de huella frente al resto de parámetros, es decir, en términos de huella hídrica, el vertido entrante en esta planta produciría un impacto mayor en el medio, obteniéndose un valor de 149.160,08 m^3/ mes para el año 2013. Los valores medio mensuales de $WF_{GreyRaw}$ mayores se producen para los contaminantes para los cuales es requerido el tratamiento según la Directiva 91/271/CEE - DBO_5, DQO y SS - y presenta un menor valor para el nitrógeno y el fósforo, para los cuales no es necesario un tratamiento para su reducción.

Tabla 5.5: Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Tejeda de Tiétar

m^3/mes	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
WF_{blue}				
Electricidad	2,34E+04	2,42E+04	2,25E+04	1,68E+04
Fangos	7,36E+00	5,58E+01	4,14E+01	6,18E+01
Evaporación	6,94E+01	6,94E+01	6,94E+01	6,94E+01
TOTAL	2,35E+04	2,43E+04	2,26E+04	1,69E+04
$WF_{grey\ raw}$				
DBO_5	1,49E+05	1,27E+05	1,27E+05	1,23E+05
DQO	6,98E+04	6,30E+04	5,00E+04	4,74E+04
SS	1,88E+05	8,62E+04	5,48E+04	5,33E+04
N	3,62E+04	4,43E+04	2,24E+04	2,24E+04
P	4,12E+04	5,74E+04	4,26E+03(1)	1,82E+03
$WF_{grey\ ef}$				
DBO_5	1,25E+05	7,28E+04	1,79E+05	1,86E+05
DQO	1,46E+04	1,47E+05	-9,76E+05 (0.)	-2,30E+06 (0.)
SS	1,36E+05	7,89E+04	2,88E+05	2,95E+05
N	4,51E+04	3,33E+05	5,42E+04	7,50E+04
P	4,76E+04	1,09E+05	2,49E+04	5,87E+04
ΔWF_{Grey}				
DBO_5	7,29E+05	3,72E+05	1,02E+06	6,68E+05
DQO	3,77E+05	3,72E+05	-2,45E+06 (0.)	-4,22E+06(0.)
SS	7,75E+05	2,88E+05	8,39E+05	5,11E+05
N	1,20E+05	7,90E+04	1,16E+05	1,02E+5
P	7,31E+04	8,36E+04	2,96E+04(1)	4,02E+04

(0.) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)
(1) datos de concentración en el efluente solo los seis primeros meses

El nuevo indicador propuesto, Huella hídrica gris operacional (WF_{GreyEf}), indica el volumen de agua de seguridad con el cual trabaja la depuradora para verter por debajo de los valores establecidos por la norma. Es decir, se trata de un parámetro que indica la gestión

de la depuradora en términos de cumplimiento de la norma en el efluente. En la Tabla 5.5 se observa de forma general un aumento de este indicador en el valor medio mensual a lo largo de los cuatro años para los parámetros contaminantes estudiados. Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf} en esta planta depuradora para el parámetro contaminante de DQO es indicativo de una alta función depurativa, la concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$) en los años 2015 y 2016.
Con respecto al indicador de Reducción de Huella Hídrica Gris (ΔWF_{Grey}) obtenido con la expresión 3.14 y basado en la propuesta de Gu *et al.* (2016) comparado con el indicador WF_{GreyEf} tendremos un mejor comportamiento si ambos indicadores son elevados, pues un valor mayor de WF_{GreyEf} indica un mayor margen de volumen operacional en la planta y unido a un alto valor de ΔWF_{Grey} nos indicará que se ha producido con una fuerte reducción de la carga contaminante. Sin embargo, se observa en la Tabla 5.5 como para ninguno de los parámetros estudiados se produce este hecho, una fuerte reducción no es sinónimo de un elevado margen de seguridad. En el parámetro de N se puede observar como el valor más elevado de ΔWF_{Grey} que se produce en el año 2013 se corresponde con el valor de mayor carga contaminante, pero no así con el valor mayor de WF_{GreyEf}.

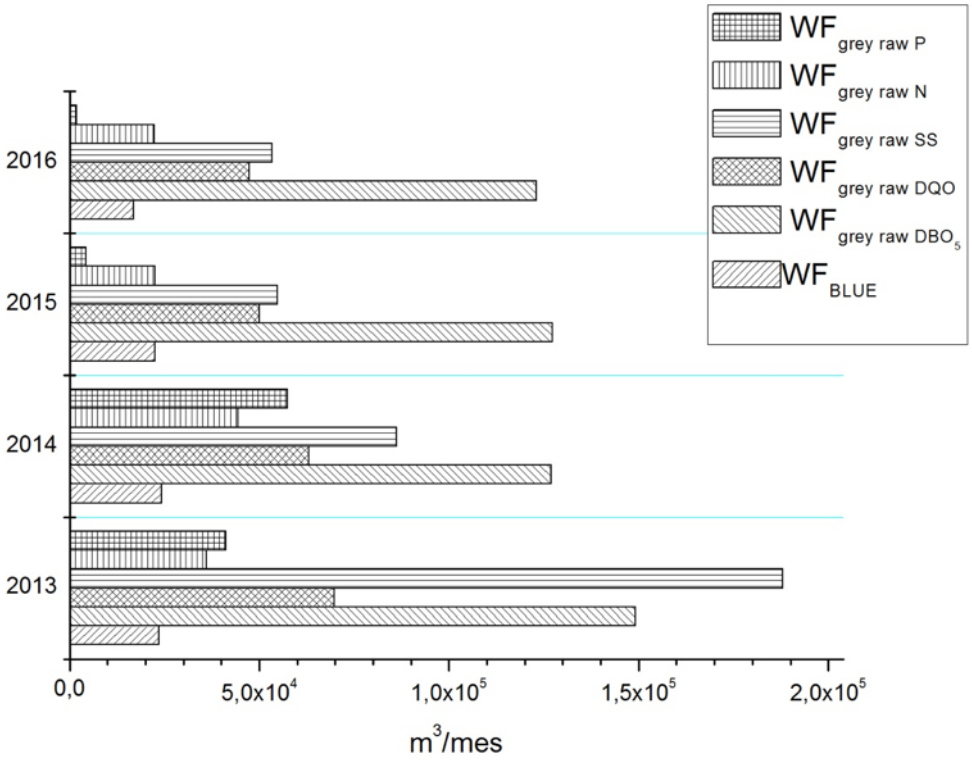

Figura 5.5: Valores medio mensuales para los años de estudio de WF_{Blue} y $WF_{GreyRaw}$ para la EDAR de Tejeda de Tiétar

La Figura 5.5 muestra, en términos de huella hídrica, el impacto que se produciría en el

medio de no existir la estación depuradora, definido por $WF_{GreyRaw}$ (3.10). En cambio, la existencia de la EDAR produce un impacto en el medio, indicado por WF_{Blue} (3.2), siendo significativamente menor la huella existente debida al propio funcionamiento de la EDAR. Así, a partir de la expresión 5.1, para el año 2013 se produce una reducción de un 84,26 % en términos de huella hídrica para el parámetro contaminante DBO_5, 66,35 % para DQO, 87,51 % para SS, 35,08 % para N y 43,01 % para P.
A continuación, la Figura 5.3.1 muestra la evolución de los indicadores de Huella Hídrica mensuales a lo largo de los cuatro años de estudio para el contaminante más restrictivo, DBO_5(resultados detallados en Anejo C).

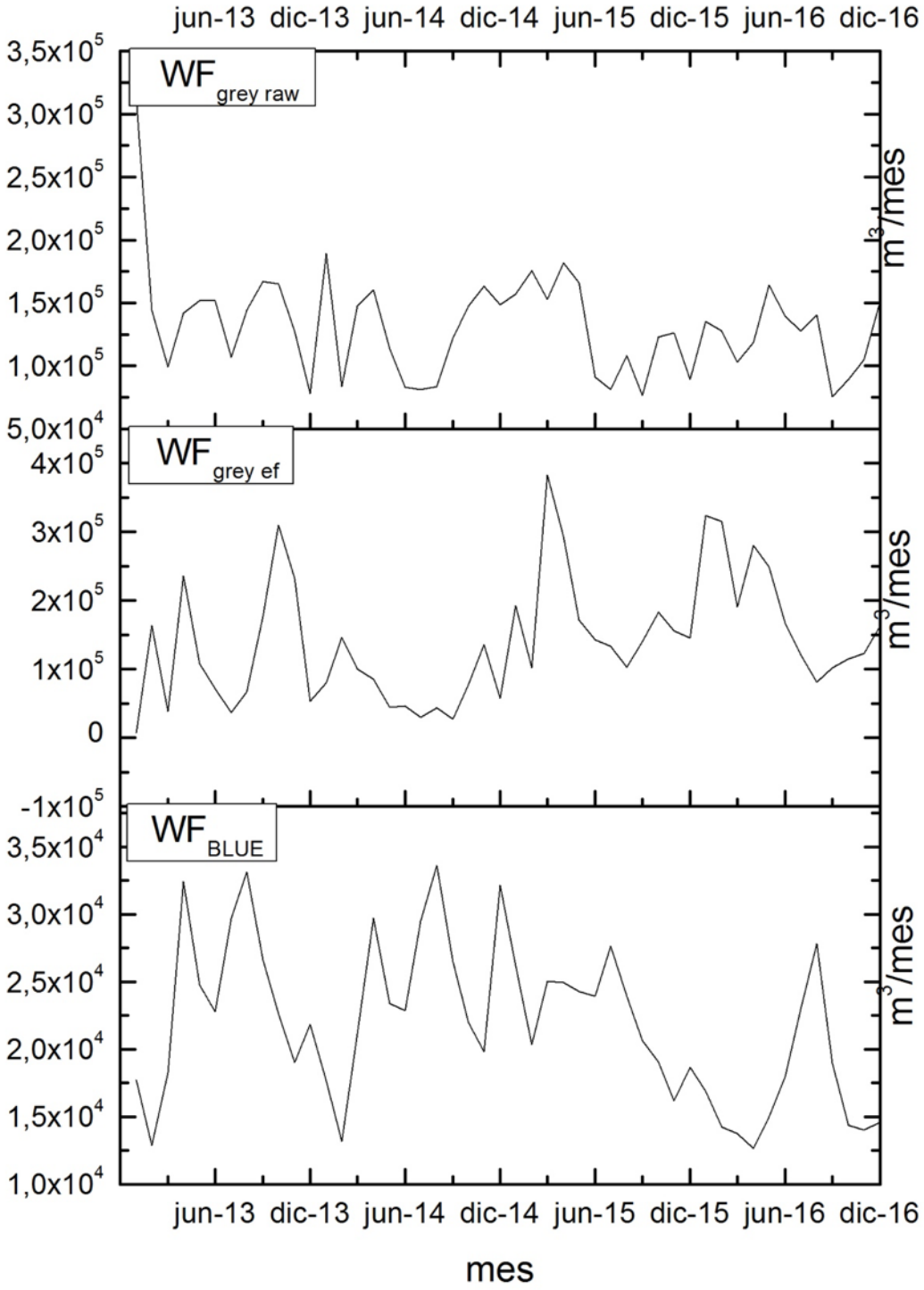

Figura 5.6: Evolución Huella Hídrica mensual para la EDAR de Tejeda de Tiétar

El parámetro de $WF_{GreyRaw}$ (3.10) presenta un valor pico para el mes de enero del año

2013, con un valor de 312.586,52 m^3/mes, y el valor mínimo para el mes de septiembre de 2016, 75.449,40 m^3/mes. Salvo ese valor pico en el mes de enero de 2013, los valores de $WF_{GreyRaw}$ presentan una evolución aproximadamente constante, con rango 1,90E+05 m^3/mes y 7,5E+05 m^3/mes. En cuanto al indicador de la función depuradora, WF_{GreyEf} (3.12) para el parámetro de la DBO_5 se observa un comportamiento irregular para los dos primeros años de estudio, siendo el segundo semestre de 2014 el de peor comportamiento en cuanto a este indicador, sin producirse en este periodo un aumento de la carga contaminante de carga excesiva pero sí un aumento del consumo energético indicado por la gráfica de WF_{Blue}. Sin embargo, en los años 2015 y 2016 su evolución ha sido ascendente, con un pico en el primer trimestre de 2015, con un valor 382.725,00 m3/mes para el mes de marzo, situándose en valores entre 3,9E+05 m^3/mes y 8,1E+04 m^3/mes. Este periodo de elevada WF_{GreyEf} en DBO_5 y por tanto indicador de la buena función depuradora de la planta, se produce con valores de WF_{Blue} relativamente bajos, 27.813,21 m^3/mes para el mes de agosto de 2016 y 12.656,31 m^3/mes en el mes de abril de 2016.

Tabla 5.6: Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Tejeda de Tiétar

m^3/año	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
WF_{Blue}				
Electricidad	2,81E+05	3,14E+05	2,70E+05	2,02E+05
Fangos	8,83E+01	7,25E+02	4,97E+02	7,42E+02
Evaporación	8,33E+02	8,33E+02	8,33E+02	8,33E+02
TOTAL	2,82E+05	3,16E+05	2,71E+05	2,03E+05
$WF_{GreyRaw}$				
DBO_5	1,79E+06	1,52E+06	1,53E+06	1,48E+06
DQO	8,38E+05	7,56E+05	6,00E+05	5,68E+05
SS	2,26E+06	1,03E+06	6,58E+05	6,39E+05
N	4,34E+05	5,31E+05	2,69E+05	2,69E+05
P	4,95E+05	6,88E+05	2,56E+04(1)	2,19E+04
WF_{GreyEf}				
DBO_5	1,50E+06	8,73E+05	2,14E+06	2,23E+06
DQO	1,76E+05	1,77E+06	-1,17E+07 (0-)	-2,76E+07 (0-)
SS	1,63E+06	9,47E+05	3,17E+06	3,54E+06
N	5,41E+05	4,00E+06	6,51E+05	8,99E+05
P	5,72E+05	1,30E+06	2,98E+05	7,04E+05
ΔWF_{Grey}				
DBO_5	8,75E+06	4,46E+06	1,23E+07	8,02E+06
DQO	4,52E+06	4,46E+06	-2,94E+07(0-)	-3,80E+07(0-)
SS	9,30E+06	3,46E+06	9,23E+06	6,13E+056
N	144E+06	9,48E+05	1,39E+06	1,23E+06
P	8,77E+05	1,00E+06	1,78E+05 (1)	4,82E+04

(0-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)
(1) datos de concentración en el efluente solo los seis primeros meses

Los valores anuales obtenidos en la evaluación de la Huella Hídrica se recogen en la Tabla 5.6 y representados en la Figura 5.3.1 los valores de WF_{Blue} (3.2) y WF_{GreyEf} (3.12) de los contaminantes a controlar en este tipo de planta depuradora según la normativa. Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf} para la DQO es indicativo de una alta función depurativa, concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$). Es el caso del parámetro DQO, es decir, para este parámetro contaminante la planta está actuando como un ahorro de volumen de agua hipotético para llevar a cabo la función autodepuradora del medio receptor.

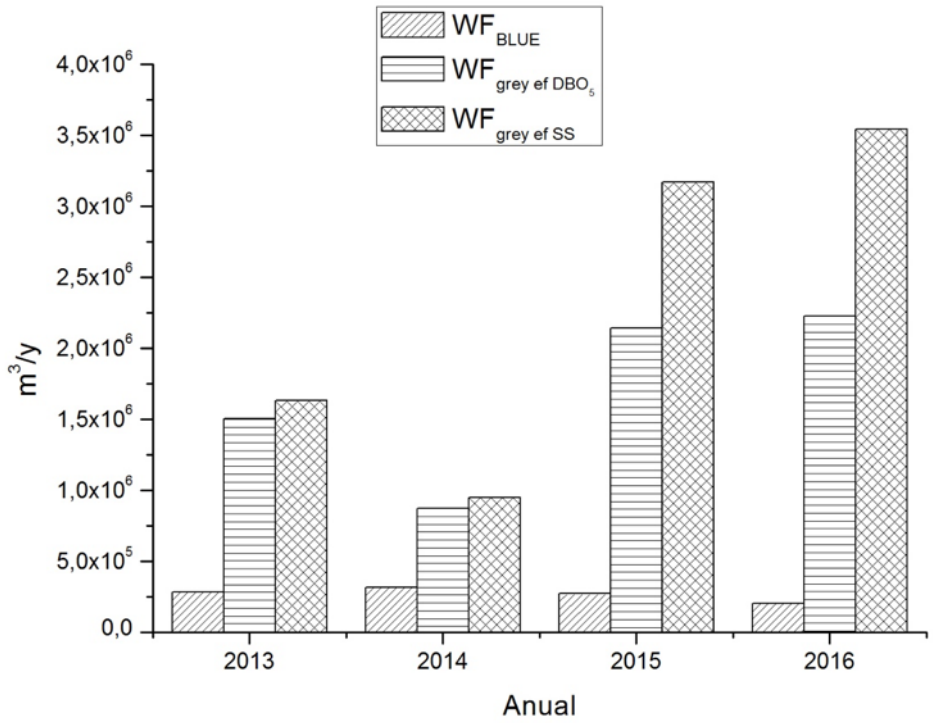

Figura 5.7: Valores anuales para los años de estudio de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Tejeda de Tiétar

Si comparamos el indicador de *huella hídrica operacional* con los impactos en términos de WF_{Blue} para los años estudiados, se observa en el que se produce un aumento aproximadamente del 48 % en la función depuradora para el parámetro de la DBO_5 a lo largo de los cuatro años, los valores de WF_{Blue} se ha mantenido constante alrededor del 2,68E+05 m^3/año.

5.3.2. Evaluación de Huella de Carbono

En la Tabla 5.7 se recogen los valores anuales de Huella de Carbono (3.15) para los años de estudio en la EDAR de Arroyomolinos de la Vera, Pasarón de la Vera y Tejeda de Tié-

tar. Se ha estimado el mayor valor de *CF* se ha producido en el año 2013, con 106.221,05 kg CO_2/año emitidos. Los valores de masa de CO2-eq por cada metro cúbico de agua tratada para los años 2013,2014, 2015 y 2016 son de 0,22, 0,19, 0,24 y 0,22 kg CO_2/m^3, respectivamente. Tanto para los años 2013 como 2016, no se disponen los datos del volumen destinado a las diferentes parcelas agrícolas, por lo que no puede estimarse su huella de carbono debida al transporte de los mismos. Por tanto, se producen las menores emisiones para año 2014 por cada metro cúbico de agua tratada. En los cuatro años de estudio las mayores emisiones corresponden a emisiones indirectas debidas al consumo de energía eléctrica, aproximadamente el 60 % del total es debido a esta fuente, correspondiendo el 35 % a las estimadas como directas debidas al metano.

Tabla 5.7: Valores de Huella de Carbono anual para EDAR Tejeda de Tiétar

kg CO_2/anual	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Directas				
CH_4	6,39E+04	5,75E+04	5,75E+04	5,26E+04
N_2O	9,14E+03	6,12E+03	6,60E+03	1,15E+04
TOTAL	7,31E+04	6,36E+04	6,41E+04	6,42E+04
Indirectas				
Electricidad	3,32E+04	3,42E+04	3,18E+04	2,38E+04
Fangos	1,95E-02	3,46E-02	1,15E-02	1,64E-01
Transporte		9,31E+02	2,97E+02	
TOTAL	3,32E+04	3,52E+04	3,21E+04	2,38E+04
CF TOTAL	1,06E+05	9,88E+04	9,62E+04	8,80E+04
CF/m^3 agua tratada	0,22	0,19	0,24	0,22

Si comparamos el indicador de volumen operacional con los impactos en términos de *CF* se observa en el Gráfico 5.3.2 como, produciéndose un aumento aproximadamente del 48 % en la función depuradora WF_{GreyEf} para el parámetro de la DBO_5, con una disminución consecutiva de los valores de *CF* del 17 % para el año 2016 respecto del año 2013.

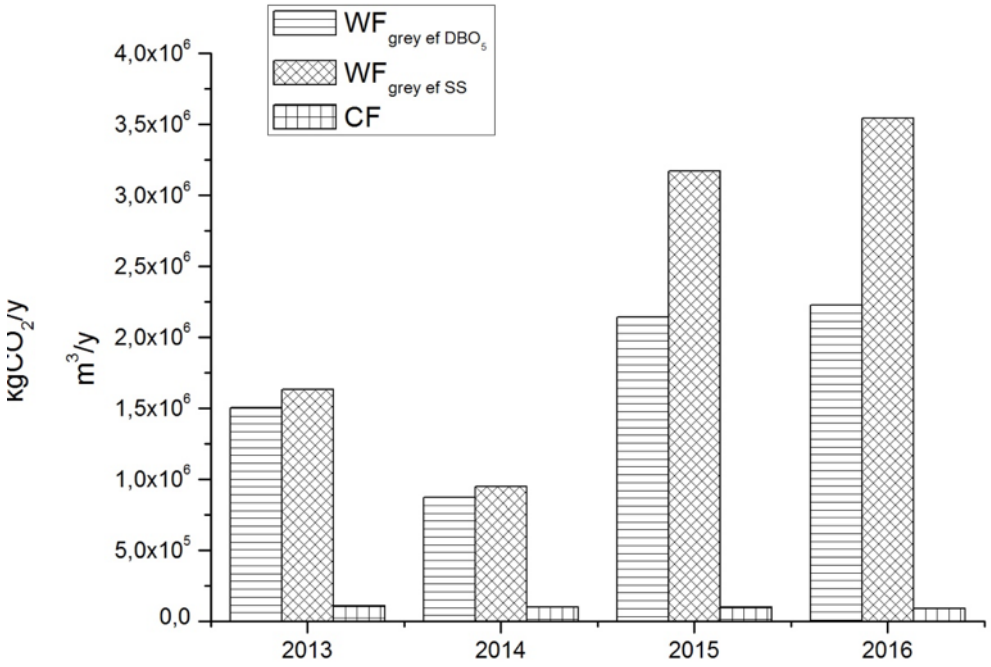

Figura 5.8: Valores anuales para los años de estudio de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Tejeda de Tiétar

5.3.3. Evaluación de sostenibilidad

La relación del nuevo indicador de WF_{GreyEf} con WF_{Blue}, se define como *eficiencia de huella hídrica EWF* (3.22). Ratio adimensional que establece la relación del volumen de agua consumida directa o indirectamente con la función depuradora de la planta. Si se relaciona el nuevo indicador con la huella de carbono, se obtiene la *eficiencia de huella de carbono ECF* (3.23), en , que indica el impacto ambiental en término de emisiones de gases de efecto invernadero en relación con la función depuradora de la planta.

Tabla 5.8: Valores de EWF y ECF para EDAR Tejeda de Tiétar

	2013	2014	2015	2016
EWF				
DBO_5	0,19	0,36	0,13	0,091
DQO	1,61	0,18	-0,02 (1)	-0,007 (1)
SS	0,17	0,33	0,09	0,057
N	0,52	0,95	0,42	0,226
P	0,49	2,91	0,91	0,288
ECF				
DBO_5	0,07	0,11	0,04	0,039
DQO	0,61	0,06	-0,01 (0-)	-0,003 (0-)
SS	0,07	0,10	0,03	0,025
N	0,20	0,30	0,15	0,098
P	0,19	0,91	0,32 (1)	0,125

(0-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)
(1) datos de concentración en el efluente solo los seis primeros meses

En la Tabla 5.8 se recogen los valores de EWF y ECF para cada uno de los parámetros contaminantes en los años de estudio. El año 2016 es el que presenta un menor valor de EWF para todos los contaminantes, por ejemplo de 0,09 para DBO_5, es decir, corresponde a una mayor eficiencia en el uso de los recursos para cumplir la función depuradora de la planta, se produce un consumo de 0,09 m^3 de agua por cada metro cúbico de agua virtual necesaria para diluir la carga contaminante en el efluente. El año menos eficiente en cuanto a consumo de agua en relación con la función depuradora es el año 2013. De igual modo, un valor bajo de ECF expresado como kg CO_2 /m^3 corresponde a una baja emisión de gases de efecto invernadero por parte de la planta al realiza su función depuradora. Se produce, al igual que para el ratio EWF, en el año 2016 para los parámetros contaminantes requeridos por la norma, por ejemplo 0,06 kg CO_2/m^3 WF_{GreyEf} SS. El año con los valores más elevados, y, por tanto, el año menos eficiente en términos de emisiones de GHG es el año 2013.

5.4. EDAR de Valverde de La Vera y Villanueva de La Vera

En la Tabla 5.9 se recogen los valores medio mensuales para los cuatro años de estudio de la EDAR de Valverde de la Vera y Villanueva de la Vera. Se observa en ella como el consumo eléctrico, determinado según la expresión 3.3, es el factor determinante en la WF_{Blue}, representa aproximadamente el 99,3 % del valor total, con un valor medio para los tres años de 27.982,52 m^3/mes. El parámetro contaminante más restrictivo es el

parámetro de la DBO_5. Para dicho parámetro, se obtiene un valor mayor de $WF_{GreyRaw}$, obtenido a partir de la expresión 3.10, frente al resto de parámetros. Es decir, en términos de huella hídrica, el vertido entrante en esta planta produciría un impacto mayor en el medio, obteniéndose un valor medio de 262.838,00 m^3/ mes para el año 2014. Los valores medio mensuales de $WF_{GreyRaw}$ mayores se producen para los contaminantes para los cuales es requerido el tratamiento según la Directiva 91/271/CEE - DBO_5, DQO y SS - y presenta un menor valor para el nitrógeno y el fósforo, para los cuales no es necesario un tratamiento para su reducción.

Tabla 5.9: Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Villanueva de La Vera

m^3/mes	2014	2015	2016
WF_{Blue}			
Electricidad	3,00E+04	2,70E+04	2,65E+04
Fangos	2,37E+01	2,00E+01	1,65E+01
Evaporación	1,35E+02	1,35E+02	1,35E+02
TOTAL	3,02E+04	2,71E+04	2,66E+04
$WF_{GreyRaw}$			
DBO_5	2,63E+05	2,28E+05	2,90E+05
DQO	1,50E+05	8,42E+04	1,13E+05
SS	1,29E+05	1,43E+05	1,47E+05
N	1,29E+05	2,60E+04	4,16E+04
P	6,46E+04	1,27E+04	2,10E+04
WF_{GreyEf}			
DBO_5	2,89E+04	3,84E+05	1,45E+05
DQO	9,76E+04	-1,40E+06 (0_)	-1,36E+06 (0_)
SS	6,73E+04	8,90E+05	2,00E+05
N	7,89E+04	7,84E+04	6,47E+04
P	1,07E+05	1,54E+05	7,05E+04
ΔWF_{Grey}			
DBO_5	4,23E+05	1,71E+06	1,42E+06
DQO	4,85E+05	-2,12E+06 (0_)	-5,82E+06 (0_)
SS	3,56E+05	2,24E+06	1,14E+06
N	3,85E+05	1,10E+05	2,10E+05
P	2,82E+05	1,23E+05	1,55E+05

(0_) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)

El nuevo indicador propuesto, *Huella hídrica gris operacional* (WF_{GreyEf}), obtenido a partir de la expresión 3.12, indica el volumen de agua de seguridad con el cual trabaja la depuradora para verter por debajo de los valores establecidos por la norma. Es decir, se trata de un parámetro que indica la gestión de la depuradora en términos de cumplimiento de la norma en el efluente. Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf} en esta

planta depuradora para el parámetro contaminante de DQO es indicativo de una alta función depurativa, la concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$) en los años 2015 y 2016.
Con respecto al indicador de Reducción de Huella Hídrica Gris (ΔWF_{Grey}), obtenido con la expresión 3.14, comparado con el indicador WF_{GreyEf} tendremos un mejor comportamiento si ambos indicadores son elevados, pues un valor mayor de WF_{GreyEf} indica un mayor margen de volumen operacional en la planta y unido a un alto valor de ΔWF_{Grey} nos indicará que se ha producido con una fuerte reducción de la carga contaminante. Se observa en la Tabla 5.9 como este hecho se produce para los parámetros DBO_5, SS y N para el año 2014, no correspondiendo con el año de mayor carga contaminante.

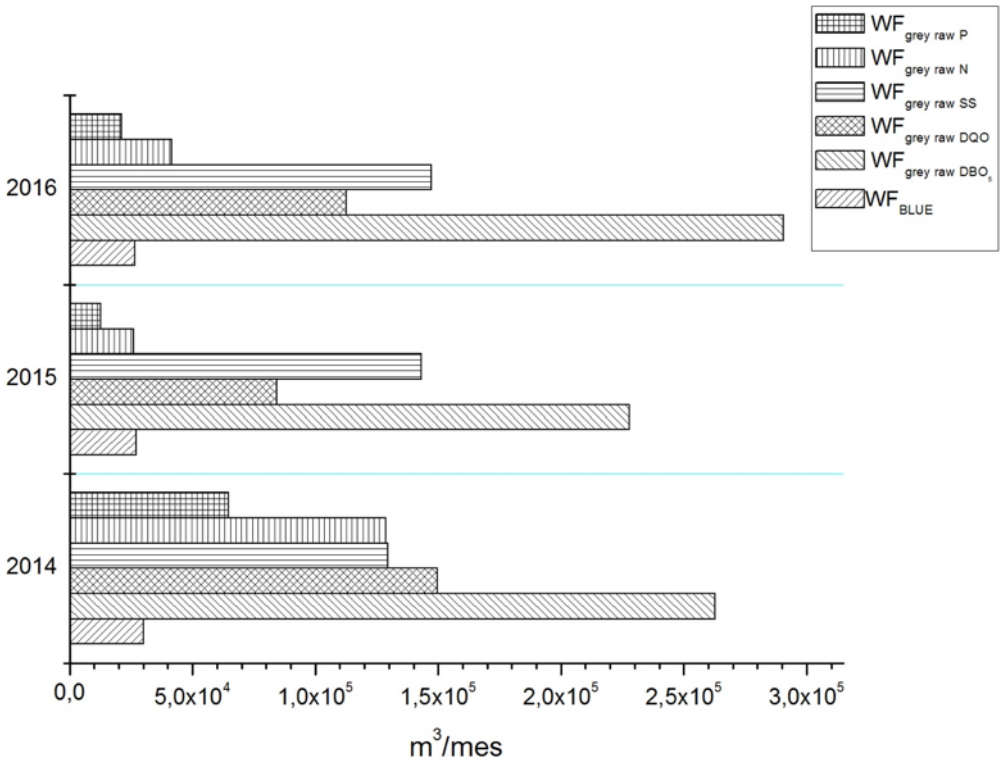

Figura 5.9: Valores anuales para los años de estudio de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Villanueva de La Vera

La Figura 5.4 muestra, en términos de huella hídrica, el impacto que se produciría en el medio de no existir la planta depuradora, pues la huella hídrica total del vertido tendría como única componente, la huella hídrica gris con los valores de concentración de entrada ($WF_{GreyRaw}$). En cambio, la existencia de la EDAR produce un impacto en el medio, indicado por WF_{Blue}, siendo significativamente menor la huella existente debida al propio funcionamiento de la EDAR. Así, a partir de la expresión 5.1, por ejemplo, para el año 2014 se produce una reducción de un 88,52 % en términos de huella hídrica para el

parámetro contaminante DBO_5, 79,81 % para DQO, 76,68 % para SS, 76,57 % para N y 53,25 % para P.

A continuación, la Figura 5.4 muestra la evolución de los indicadores de Huella Hídrica mensuales - $WF_{GreyRaw}$, WF_{Blue} y WF_{GreyEf} - a lo largo de los cuatro años de estudio para el contaminante más restrictivo, DBO_5(resultados detallados en Anejo C).

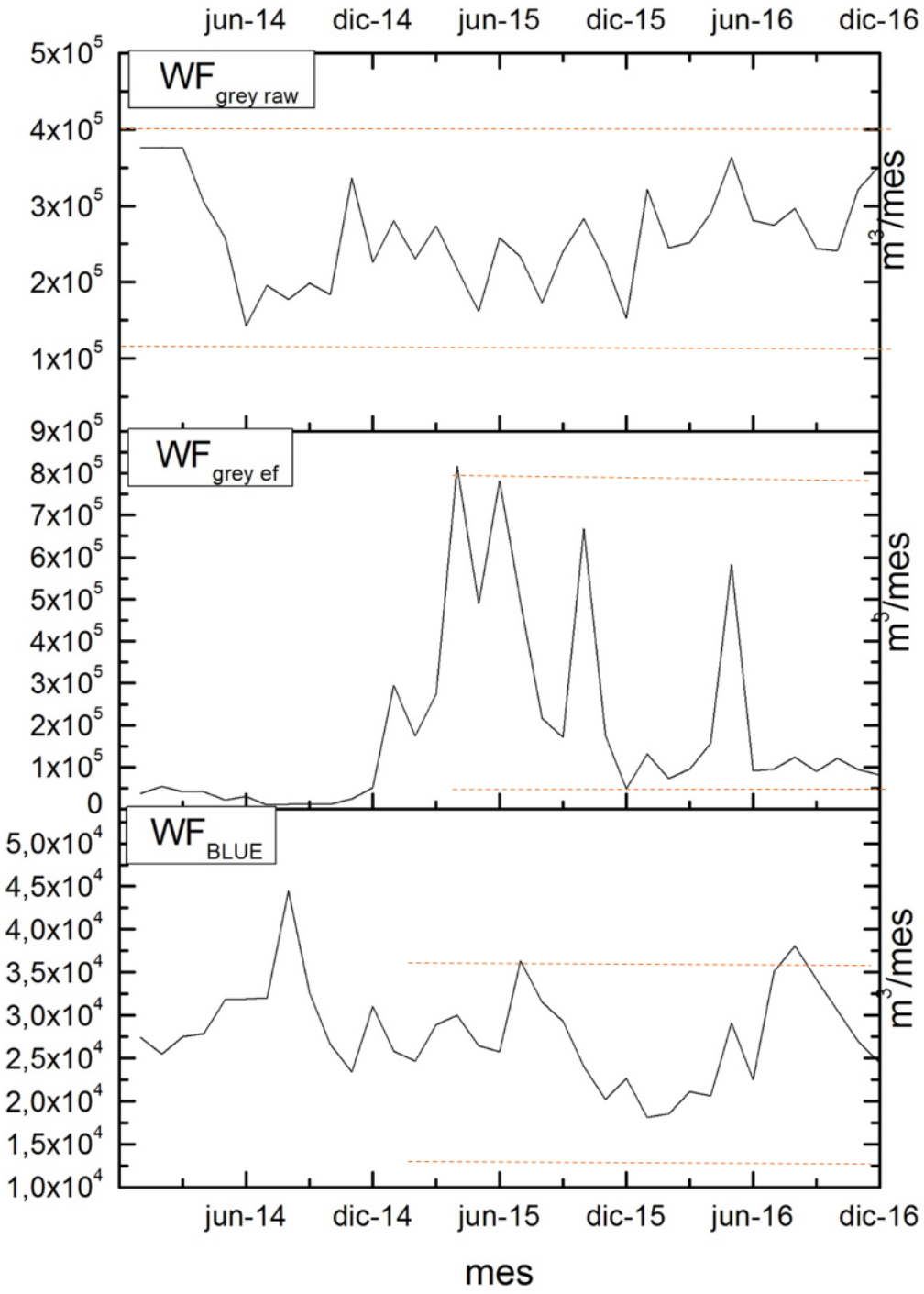

Figura 5.10: Evolución mensual de los valores de $WF_{GreyRaw}$, WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Villanueva de La Vera

El indicador $WF_{GreyRaw}$ (3.10) se comporta con una evolución aproximadamente constan-

te, con rango 1,40E+05 m^3/mes y 3,8E+05 m^3/mes. En cuanto al indicador de la función depuradora, WF_{GreyEf} (3.12) para el parámetro de la DBO_5 se observa un comportamiento irregular, con valores relativamente bajos para el año 2014, con un valor medio de 28.925,71 m^3/mes, indicando un peor comportamiento en cuanto a este indicador, sin producirse en este periodo un aumento de la carga contaminante de carga excesiva pero sí un aumento del consumo energético indicado por la gráfica de WF_{Blue} (3.2), con valor pico de 44.501,91 m^3/mes para el mes de agosto de 2014. Sin embargo, en los años 2015 y 2016 su evolución ha sido relativamente constante, situándose en valores entre 1,8E+05 y 3,8E+05 m^3/mes. Este periodo de relativa constancia en los valores del consumo eléctrico, no se ha traducido en una elevada WF_{GreyEf} en DBO5, produciéndose una etapa apreciablemente irregular para estos dos años, con valores pico para el primer semestre de 2015, y valores bajo para los meses del último trimestre de ese año y del año 2016.
Los valores anuales obtenidos en la evaluación de la Huella Hídrica se recogen en la Tabla 5.10 y representados en la Figura 5.11 los valores de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} de los contaminantes a controlar en este tipo de planta depuradora según la normativa.

Tabla 5.10: Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Villanueva de La Vera

m^3/año	**2014**	**2015**	**2016**
WF_{Blue}			
Electricidad	3,60E+05	3,24E+05	3,18E+05
Fangos	2,84E+02	2,40E+02	1,99E+02
Evaporación	1,62E+03	1,62E+03	1,62E+03
TOTAL	3,62E+05	3,26E+05	3,19E+05
$WF_{GreyRaw}$			
DBO_5	5,36E+06	2,73E+06	3,49E+06
DQO	1,81E+06	1,01E+06	1,35E+06
SS	1,55E+06	1,72E+06	1,77E+06
N	1,55E+06	3,12E+05	5,00E+05
P	7,75E+05	1,53E+05	2,52E+05
WF_{GreyEf}			
DBO_5	3,47E+05	4,60E+06	1,74E+06
DQO	1,17E+06	-1,68E+07 (0_)	-1,63E+07 (0_)
SS	8,07E+05	1,07E+07	2,40E+06
N	9,47E+05	9,41E+05	7,76E+05
P	1,29E+06	1,85E+06	8,46E+05
ΔWF_{Grey}			
DBO_5	5,08E+06	2,05E+07	1,70E+07
DQO	5,82E+06	-2,54E+07 (0_)	-6,99E+07 (0_)
SS	4,28E+06	2,69E+07	1,36E+07
N	4,62E+06	1,32E+06	2,52E+06
P	3,38E+06	1,48E+06	1,86E+06

(0_) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)

Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf} para la DQO es indicativo de una alta función depurativa, concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$). Es el caso del parámetro DQO, es decir, para este parámetro contaminante la planta está actuando como un ahorro de volumen de agua hipotético para llevar a cabo la función autodepuradora del medio receptor.

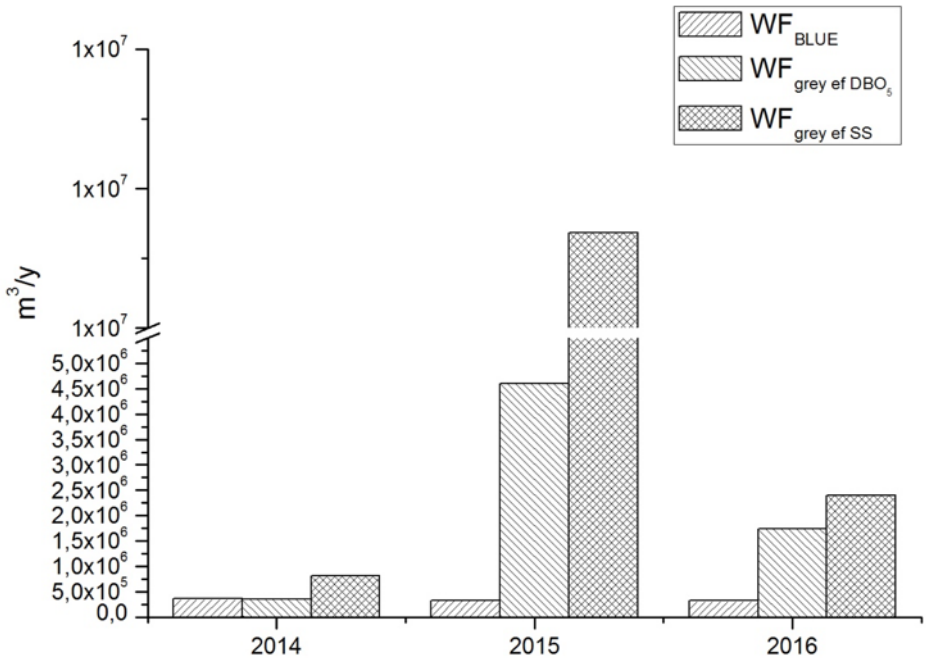

Figura 5.11: Valores anuales de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} para la EDAR de Villanueva de La Vera

Si comparamos el indicador de volumen operacional con los impactos en términos de WF_{Blue} para los años estudiados (Figura 5.11), se observa en el que se produce un aumento de aproximadamente del 4 veces superior en la función depuradora para el parámetro de la DBO_5 a lo largo de los tres años, los valores de WF_{Blue} se ha mantenido constante alrededor del 3,36E+05 m^3/año.

5.4.1. Evaluación de la Huella de Carbono

En la Tabla 5.11 se recogen los valores anuales de Huella de Carbono para los años de estudio en la EDAR de Valverde de la Vera y Villanueva de la Vera evaluada según el apartado 3.3 de este documento. El mayor valor de Huella de Carbono estimado se ha producido en el año 2016, con 162.667,01 kg CO_2/año emitidos. Los valores de masa de CO_2-eq por cada metro cúbico de agua tratada para los años 2014, 2015 y 2016 son de

0,25, 0,31 y 0,24 kg CO2/m^3, respectivamente. En los tres años de estudio las mayores emisiones corresponden a las estimadas como directas de metano (IPCC, 2016), siendo por ejemplo el 66 % del total de las emisiones para el año 2014 las correspondientes a esta fuente, seguida por la huella de carbono debida al consumo eléctrico. Para el año 2016, no se disponen los datos del volumen destinado a las diferentes parcelas agrícolas, por lo que no puede estimarse su huella de carbono debida al transporte de los mismos.

Tabla 5.11: Valores de Huella de Carbono anual para EDAR Villanueva de La Vera

kg CO_2/anual	**2014**	**2015**	**2016**
Directas			
CH_4	1,07E+05	8,96E+04	1,16E+05
N_2O	1,24E+04	1,80E+04	9,05E+03
TOTAL	1,19E+05	1,08E+05	1,25E+05
Indirectas			
Electricidad	4,25E+04	3,82E+04	3,75E+04
Fangos	2,30E-02	5,41E-02	4,38E-02
Transporte	2,30E-02	1,64E+03	
TOTAL	4,32E+04	3,99E+04	3,75E+04
CF TOTAL	1,62E+05	1,47E+05	1,63E+05
CF/m^3 agua tratada	0,25	0,31	0,24

Si comparamos el indicador de *Huella hídrica gris operacional* con los impactos en términos de *CF* tal y como se representa en la figura 5.4.1 se observa que se produce un aumento aproximadamente del cuatro veces en la función depuradora para el parámetro de la DBO_5, con una disminución consecutiva de un valor casi constante de *CF*.

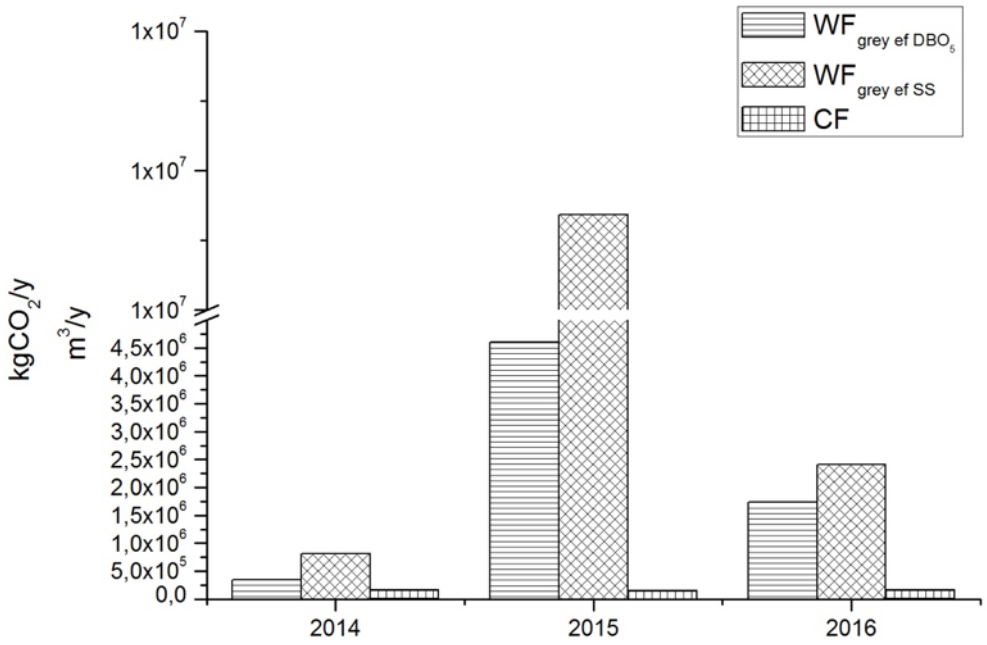

Figura 5.12: Valores anuales de CF para la EDAR de Villanueva de La Vera

5.4.2. Evaluación de sostenibilidad

La relación del nuevo indicador de WF_{GreyEf} con WF_{Blue}, se define la *eficiencia de huella hídrica* (EWF). Este ratio adimensional, calculado a partir de la expresión 3.22, establece la relación del volumen de agua consumida directa o indirectamente con la función depuradora de la planta. Si se relaciona WF_{GreyEf} con la CF, se obtiene con la expresión 3.23 la *eficiencia de huella de carbono* (ECF), en , que indica el impacto ambiental en término de emisiones de gases de efecto invernadero en relación con la función depuradora de la planta.

En la Tabla 5.12 se recogen los valores de EWF y ECF para cada uno de los parámetros contaminantes en los años de estudio. El año 2015 es el que presenta un menor valor de EWF para todos los contaminantes, por ejemplo, de 0,07 para DBO_5, es decir, corresponde a una mayor eficiencia en el uso de los recursos para cumplir la función depuradora de la planta, se produce un consumo de 0,07 m^3 de agua por cada metro cúbico de agua virtual necesaria para diluir la carga contaminante en el efluente. El año menos eficiente en cuanto a consumo de agua en relación con la función depuradora es el año 2014. De igual modo, un valor bajo de ECF expresado como kg CO_2 /m^3 corresponde a una baja emisión de gases de efecto invernadero por parte de la planta al realiza su función depu-

radora. Se produce, al igual que para el ratio EWF, en el año 2015 para los parámetros contaminantes requeridos por la norma, por ejemplo 0,01 kg CO_2/m^3 para SS. El año con los valores más elevados, y, por tanto, el año menos eficiente en términos de emisiones de GHG es el año 2014.

Tabla 5.12: Valores de EWF y ECF para EDAR Villanueva de La Vera

	2014	**2015**	**2016**
EWF			
DBO_5	1,04	0,07	0,18
DQO	0,31	-0,02 (0_)	-0,02 (10_)
SS	0,45	0,03	0,13
N	0,38	0,35	0,41
P	0,28	0,18	0,38
ECF			
DBO_5	0,47	0,03	0,09
DQO	0,14	-0,01 (1)	-0,01 (1)
SS	0,20	0,01	0,07
N	0,17	0,16	0,21
P	0,13	0,08	0,19

(0_) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)

5.5. EDAR de Torremenga

5.5.1. Evaluación de la Huella Hídrica

En la Tabla 5.133.3 se recogen los valores medio mensuales para los cuatro años de estudio de la EDAR de Torremenga. Se observa el como el consumo eléctrico, obtenido a partir de la expresión 3.3, es el factor determinante en la WF_{Blue} (3.2), con un valor medio para los tres años de 12.107,79 m^3/mes. En la EDAR de Torremenga debido a su tamaño no se realiza la deshidratación de los lodos, por lo tanto no se dispone del valor de volumen de agua dulce incorporada en ellos, por lo tanto, la componente de WF_{Blue} (3.2) debida a los lodos no ha podido ser calculada. El parámetro contaminante más restrictivo es el parámetro de la DBO_5tal y como se aprecia en la Tabla 5.13, los valores de $WF_{GreyRaw}$ para este contaminante presentan un valor mayor frente al resto de parámetros, es decir, en términos de huella hídrica, el vertido entrante en esta planta produciría un impacto mayor en el medio, obteniéndose un valor medio de 40.719,34m^3/ mes para el año 2016. De igual modo, los valores medio mensuales de$WF_{GreyRaw}$ mayores se producen para los contaminantes para los cuales es requerido el tratamiento según la Directiva 91/271/CEE - DBO_5, DQO y SS - y presenta un menor valor para el nitrógeno y el fósforo, para los cuales no es necesario un tratamiento para su reducción.

Tabla 5.13: Valores medios mensuales de Huella Hídrica en la EDAR Torremenga

m^3/mes	2014	2015	2016
WF_{Blue}			
Electricidad	1,14E+04	1,45E+04	1,04E+04
Fangos(1)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Evaporación	2,80E+01	2,80E+01	2,80E+01
TOTAL	1,14E+04	1,45E+04	1,04E+04
$WF_{GreyRaw}$			
DBO_5	5,20E+04	3,24E+04	4,77E+04
DQO	2,81E+04	1,41E+04	1,60E+04
SS	3,90E+04	1,25E+04	2,44E+04
N	1,58E+04	4,91E+03	6,96E+03
P	1,76E+04	-2,84E+02 $^{(0^-)}$	-1,43E+03$^{(0^-)}$
WF_{GreyEf}			
DBO_5	1,15E+04	3,39E+04	4,85E+04
DQO	3,07E+04	-2,25E+05 $^{(0_-)}$	-3,10E+05 $^{(30_-)}$
SS	8,62E+03	5,48E+04	5,52E+04
N	3,77E+04	2,78E+04	2,78E+04
P	2,34E+04	1,03E+04	1,97E+04
ΔWF_{Grey}			
DBO_5	1,16E+05	2,02E+05	2,68E+05
DQO	1,34E+05	-6,65E+05 $^{(0_-)}$	-7,00E+05$^{(0_-)}$
SS	7,92E+04	1,64E+05	1,92E+05
N	1,08E+05	7,83E+04	5,18E+04
P	6,65E+04	1,20E+04	1,93E+04

(1) no se realiza el deshidratado de los fangos en la EDAR debido al volumen mismo que se produce

(0^-) concentración efluente mayor que la concentración máxima ($c_{ef} > c_{max}$)

(0_-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)

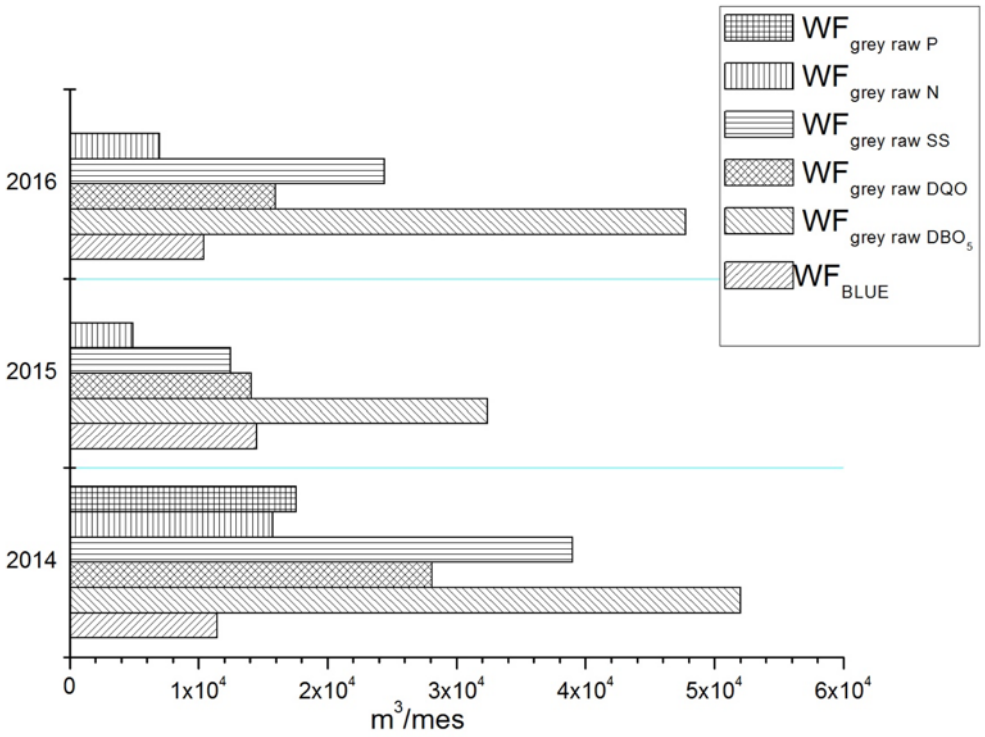

Figura 5.13: Valores $WF_{GreyRaw}$ para la EDAR de Torremenga

La Figura 5.13 muestra, en términos de huella hídrica (3.1), el impacto que se produciría en el medio de no existir la planta depuradora, pues su único componente sería $WF_{GreyRaw}$. En cambio, la existencia de la EDAR produce un impacto en el medio, indicado por WF_{Blue}, siendo significativamente menor la huella existente debida al propio funcionamiento de la EDAR. Así, a partir de la expresión 5.1, por ejemplo, para el año 2016 se produce una reducción de un 88,52 % en términos de huella hídrica para el parámetro contaminante DBO_5, 78,25 % para DQO, 34,98 % para SS, 57,47 %.

El nuevo indicador propuesto, *Huella hídrica gris operacional* (WF_{GreyEf}) obtenido a partir de la expresión 3.12, indica el volumen de agua de seguridad con el cual trabaja la depuradora para verter por debajo de los valores establecidos por la norma, tal y como recoge el apartado 3.2.2. Es decir, se trata de un parámetro que indica la gestión de la depuradora en términos de cumplimiento de la norma en el efluente. En la Tabla 5.13 se observa de forma general un aumento de este indicador en el valor medio mensual a lo largo de los cuatro años para los parámetros contaminantes estudiados. Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf}en esta planta depuradora para el parámetro contaminante de DQO es indicativo de una alta función depurativa, la concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$) en los años 2015 y 2016. Además, no se ha podido calcular este indicador para los parámetros de nitrógeno y fósforo en el año

2016 por no disponer de las concentraciones de éstos a la salida de la planta.
Con respecto al indicador de Reducción de Huella Hídrica Gris (ΔWF_{Grey}), obtenido con la expresión 3.14, comparado con el indicador WF_{GreyEf} tendremos un mejor comportamiento si ambos indicadores son elevados, pues un valor mayor de WF_{GreyEf} indica un mayor margen de volumen operacional en la planta y unido a un alto valor de ΔWF_{Grey} nos indicará que se ha producido con una fuerte reducción de la carga contaminante. Se observa en la Tabla 5.13 como este hecho se produce para los parámetros DBO_5, SS para el año 2016, no correspondiendo con el año de mayor carga contaminante, e igualmente para el parámetro contaminante del N en el año 2014.
A continuación, la Figura 5.5.1 muestra la evolución de los indicadores de Huella Hídrica mensuales a lo largo de los cuatro años de estudio para el contaminante más restrictivo, DBO_5(resultados detallados en Anejo C).

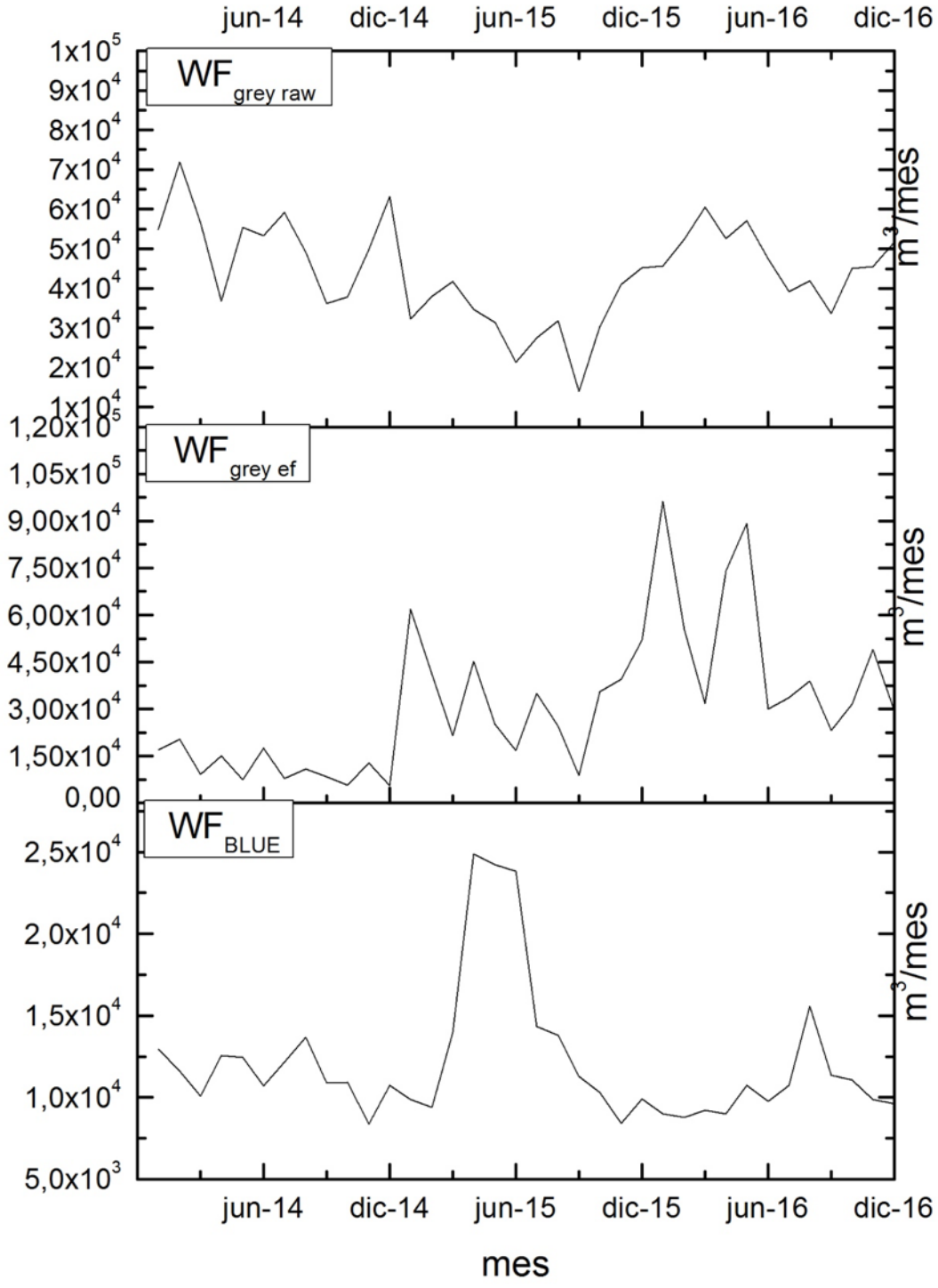

Figura 5.14: Evolución mensual de los indicadores de Huella Hídrica para la EDAR de Torremenga

El parámetro de $WF_{GreyRaw}$ se encuentra en un rango de valores entre 1,40E+04 m^3/mes y 7,2E+04 m^3/mes. En cuanto al indicador de la función depuradora, WF_{GreyEf} para el parámetro de la DBO5 se observa un comportamiento con valores relativamente bajos para el año 2014, con un valor medio de 11.465,23 m^3/mes, indicando un peor comportamiento en cuanto a este indicador, coincidiendo con un alto valor de la carga contaminante y un bajo periodo de consumo energético indicado por la gráfica de WF_{Blue}, con valor medio de 44.501,91 m^3/mes para el año 2014. Sin embargo, en los años 2015 y 2016 la evolución de WF_{GreyEf}ha sido apreciablemente creciente, siendo el año 2016 el año donde se presenta una mejor evolución de este indicador. El periodo de mayor consumo eléctrico se ha producido entre el segundo semestre de 2014 y segundo semestre de 2015. A partir de este periodo, el valor de WF_{Blue} se estabiliza en valores relativamente bajos, situándose en un valor rango de 1,6E+04 m^3/mes y 8,4E+04 m^3/mes, coincidiendo con el periodo de mayor valor de *Huella hídrica gris operacional*.

Los valores anuales obtenidos en la evaluación de la Huella Hídrica se recogen en la Tabla 5.14 y representados en la Figura 5.15 los valores de WF_{Blue} y WF_{GreyEf} de los contaminantes a controlar en este tipo de planta depuradora según la normativa.

Tabla 5.14: Valores anuales de Huella Hídrica en la EDAR Torremenga

m^3/año	2014	2015	2016
WF_{blue}			
Electricidad	1,48E+05	1,74E+05	1,24E+05
Fangos(1)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Evaporación	3,64E+02	3,64E+02	3,36E+02
TOTAL	1,49E+05	1,89E+05	1,25E+05
$WF_{grey\ raw}$			
DBO_5	6,24E+05	3,89E+05	5,73E+05
DQO	3,37E+05	1,69E+05	1,92E+05
SS	4,68E+05	1,50E+05	2,93E+05
N	1,89E+05	5,89E+04	8,36E+04
P	2,11E+05	-3,40E+03 $^{(0^-)}$	-1,43E+03 $^{(0^-)}$
$WF_{grey\ ef}$			
DBO_5	1,38E+05	4,07E+05	5,82E+05
DQO	3,68E+05	-2,70E+06 $^{(0_-)}$	-3,72E+06 $^{(0_-)}$
SS	1,03E+05	6,58E+05	6,62E+05
N	4,52E+05	3,34E+05	3,33E+05
P	2,81E+05	1,23E+05	2,37E+05
ΔWF_{Grey}			
DBO_5	1,40E+06	2,42E+06	3,21E+06
DQO	1,61E+06	-7,98E+06 $^{(0_-)}$	-8,40E+06 $^{(0_-)}$
SS	9,51E+05	1,97E+06	2,30E+06
N	1,29E+06	7,83E+05	6,97E+05
P	7,98E+05	1,44E+05	2,32E+05

(1) no se realiza el deshidratado de los fangos en la EDAR debido al volumen mismo que se produce
(0^-) concentración efluente mayor que la concentración máxima ($c_{ef} > c_{max}$)
(0_-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)

Los valores negativos que se producen en WF_{GreyEf} para la DQO es indicativo de una alta función depurativa, concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$). Es el caso del parámetro DQO, es decir, para este parámetro contaminante la planta está actuando como un ahorro de volumen de agua hipotético para llevar a cabo la función autodepuradora del medio receptor.

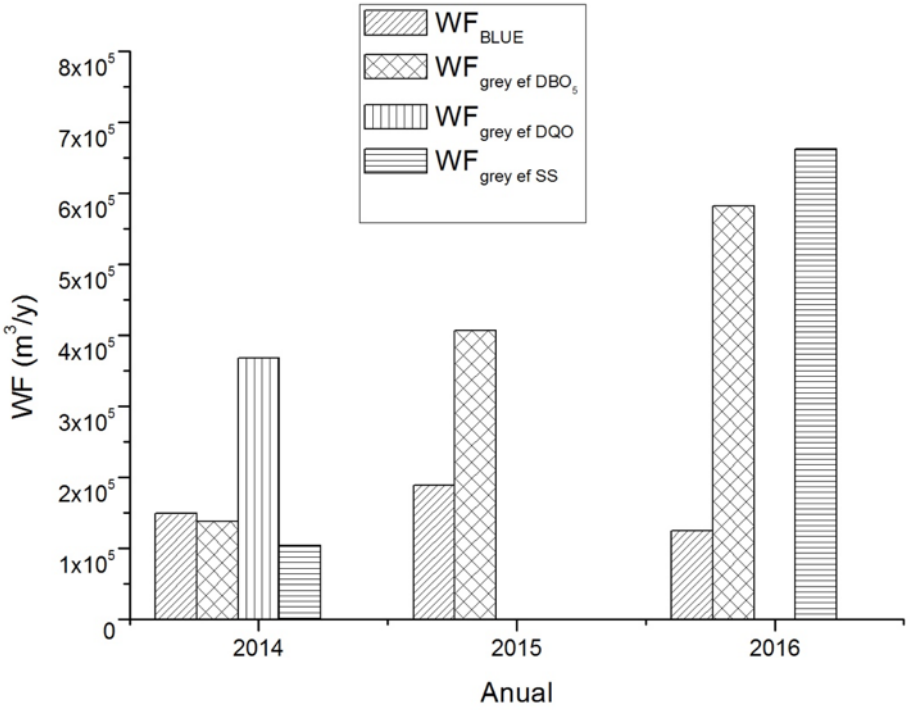

Figura 5.15: Valores anuales de la Huella Hídrica para la EDAR de Torremenga

Si comparamos el indicador de *Huella hídrica gris operacional* con los impactos en términos de WF_{Blue} para los años estudiados (Figura 5.15), se observa en el que se produce un aumento de aproximadamente del 3 veces superior en la función depuradora para el parámetro de la DBO_5 a lo largo de los tres años, los valores de WF_{Blue} se ha mantenido constante alrededor del 1,54E+05 m^3/año.

5.5.2. Evaluación de la Huella de Carbono

En la Tabla 5.15 se recogen los valores anuales de Huella de Carbono para los años de estudio en la EDAR de Torremenga evaluada a partir de la metodología expuesta en el apartado 3.3. El mayor valor de Huella de Carbono se ha producido en el año 2016, con 40.175,04 kg CO_2/año emitidos. Los valores de masa de CO2-eq por cada metro cúbico de agua tratada para los años 2014, 2015 y 2016 son de 0,26, 0,28 y 0,22 kg CO_2/m3, respectivamente. En los tres años de estudio las mayores emisiones corresponden a las estimadas como directas de metano (IPCC, 2016), siendo por ejemplo el 53 % del total de las emisiones para el año 2016 las correspondientes a esta fuente, seguida por la huella de carbono debida al consumo eléctrico. No se disponen los datos del volumen de fango extraído ni su destino, por lo que no puede estimarse su huella de carbono debida a los fangos ni al transporte de los mismos.

Tabla 5.15: Valores de Huella de Carbono anual para EDAR Torremenga

kg CO_2/anual	2014	2015	2016
Directas			
CH_4	2,18E+04	1,46E+04	2,14E+04
N_2O	1,73E+03	1,23E+03	4,11E+03
TOTAL	2,36E+04	1,58E+04	2,55E+04
Indirectas			
Electricidad	1,62E+04	2,05E+04	1,47E+04
Fangos			
Transporte			
TOTAL	1,62E+04	2,05E+04	1,47E+04
CF TOTAL	3,97E+04	3,63E+04	4,02E+04
CF/m^3 agua tratada	0,26	0,28	0,22

Si comparamos el indicador de Huella hídrica gris operacional con los impactos en términos de CF se observa en la Figura 5.5.2 como, produciéndose un aumento aproximadamente del cuatro veces en la función depuradora para el parámetro de la DBO_5, con una disminución consecutiva de un valor casi constante de CF.

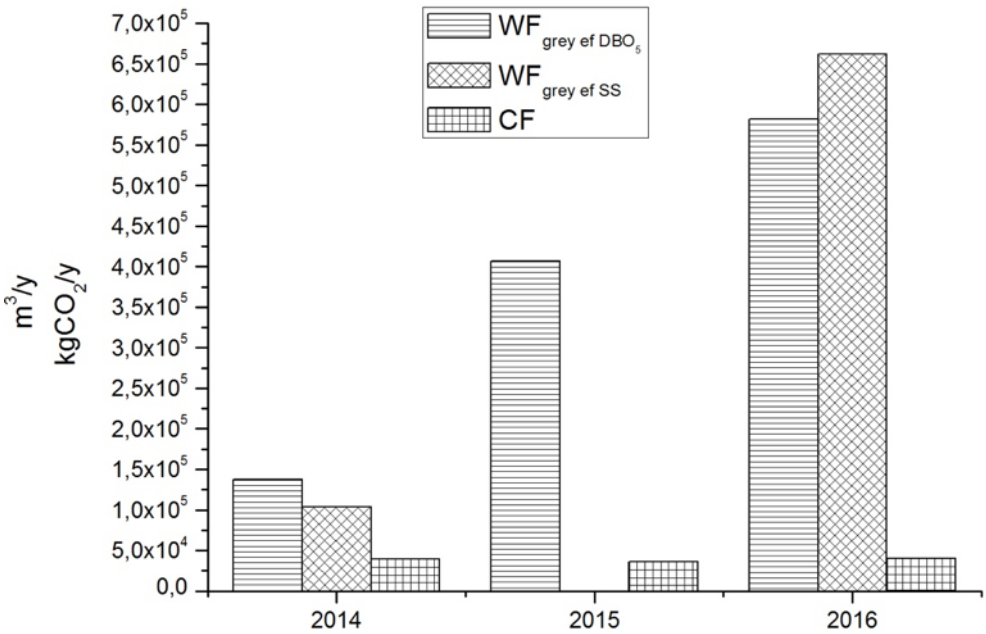

Figura 5.16: Valores anuales de la Huella de Carbono para la EDAR de Torremenga

5.5.3. Evaluación de sostenibilidad

La relación del nuevo indicador de WF_{GreyEf}con WF_{Blue}, se define como *eficiencia de huella hídrica*, EWF (3.22). Este ratio adimensional establece la relación del volumen de agua consumida directa o indirectamente con la función depuradora de la planta. Si se relaciona el nuevo indicador con la huella de carbono, se obtiene la *eficiencia de huella de carbono ECF* (3.23),expresada en kgCO_2/m^3 , que indica el impacto ambiental en término de emisiones de gases de efecto invernadero en relación con la función depuradora de la planta.

En la Tabla 5.16 se recogen los valores de EWF y ECF para cada uno de los parámetros contaminantes en los años de estudio. El año 2016 es el que presenta un menor valor de EWF para todos los contaminantes, por ejemplo, de 0,21 para DBO_5, es decir, corresponde a una mayor eficiencia en el uso de los recursos para cumplir la función depuradora de la planta, se produce un consumo de 0,21 m^3 de agua por cada metro cúbico de agua virtual necesaria para diluir la carga contaminante en el efluente. El año menos eficiente en cuanto a consumo de agua en relación con la función depuradora es el año 2014.

De igual modo, un valor bajo de ECF expresado como kg CO_2 /m^3 corresponde a una baja emisión de gases de efecto invernadero por parte de la planta al realiza su función depuradora. Se produce, al igual que para el ratio EWF, en el año 2016 para los parámetros contaminantes requeridos por la norma, por ejemplo 0,06 kg CO_2/m^3 para SS. El año con los valores más elevados, y, por tanto, el año menos eficiente en términos de emisiones de GHG es el año 2014.

Tabla 5.16: Valores de EWFy ECF para EDAR Torremenga

	2014	**2015**	**2016**
EWF			
DBO_5	1,08	0,46	0,21
DQO	0,40	-0,07 $^{(0_-)}$	-0,03 $^{(0_-)}$
SS	1,44	0,29	0,19
N	0,33	0,57	0,37
P	0,53	1,53	0,53
ECF			
DBO_5	0,29	0,09	0,07
DQO	0,11	-0,01 $^{(0_-)}$	-0,01 $^{(0_-)}$
SS	0,38	0,06	0,06
N	0,09	0,11	0,12
P	0,14	0,29	0,17

(0_-) concentración efluente menor que la concentración natural ($c_{ef} < c_{nat}$)

5.6. Comparación de las EDARs

Una vez calculadas la huella hídrica y de carbono - Anejo CAnejo D, respectivamente - en las cuatro estaciones depuradoras en su fase de explotación, estos indicadores han permitido evaluar, por un lado, la elevada WF (3.1) que se produciría de no existir la estación depuradora, el único componente de WF sería $WF_{GreyRaw}$ (3.10), es decir, por la huella hídrica gris obtenida con las concentraciones del afluente de la EDAR.

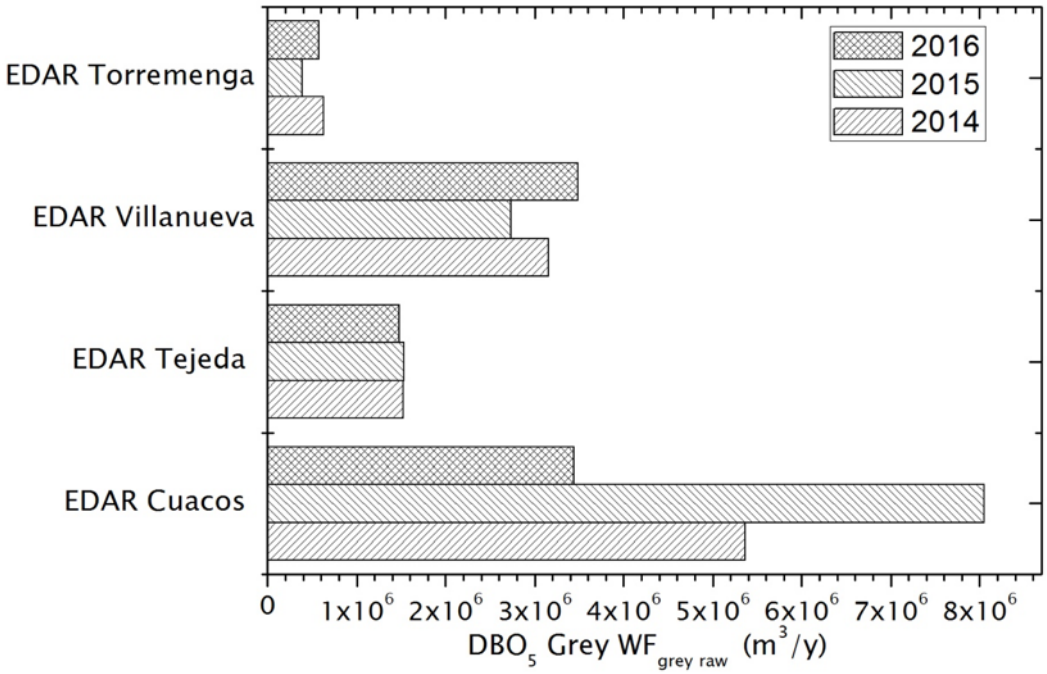

Figura 5.17: Valores anuales de $WF_{GreyRaw}$ para las cuatro EDARs

En la Figura 5.17 se representa los valores anuales de $WF_{GreyRaw}$ de DBO_5, por ser el parámetro más restrictivo en términos de huella hídrica, para las cuatro plantas de estudio en los años 2014, 2015 y 2016. En la Figura 5.17, se aprecia como la EDAR de Cuacos de Yuste es la que presenta un mayor valor de huella, salvo en el año 2016 donde se produce en la EDAR de Villanueva de la Vera. Es decir, en términos de huella hídrica, el vertido entrante en la planta de Cuacos de Yuste en los años 2014 y 2015 produciría un impacto mayor en el medio receptor. Por otro lado, la existencia y funcionamiento de la propia EDAR produce unos impactos en el medio, reflejados por WF_{Blue} y CF, siendo de orden sustancialmente menor la huella hídrica de no existir la planta depuradora, tal y como se ha podido observar en cada una de plantas estudiadas en las Figuras 5.2.1, 5.5, 5.4 y 5.13. La función depuradora de las mismas es definida por el indicador WF_{GreyEf} (3.12). En ge-

neral, y para las cuatro depuradoras estudiadas, el escenario de estudio ha sido el *General* recogido en la Figura 3.6, es decir, la concentración del efluente de la planta es menor que la concentración máxima legal y mayor que la que existe en el medio natural. Por tanto, este indicador debe entenderse como el margen de seguridad, expresado en volumen de agua, con el cual trabaja la depuradora para verter por debajo de los valores establecidos por la norma. La comparación de los impactos producidos, reflejado por WF_{Blue} con el nuevo indicador definido WF_{GreyEf} permite conocer la eficiencia de la planta. Este análisis comparativo se ha realizado en las tres EDAR estudiadas, recogido en la Figura 5.6, en función de la población equivalente de cada una de ellas que puede verse en el capítulo 4, de forma que permite comparar el impacto producido, indicado WF_{Blue} para cada una de ellas al realizar su función depuradora, reflejada en el volumen de operacional de vertido que indica WF_{GreyEf}.

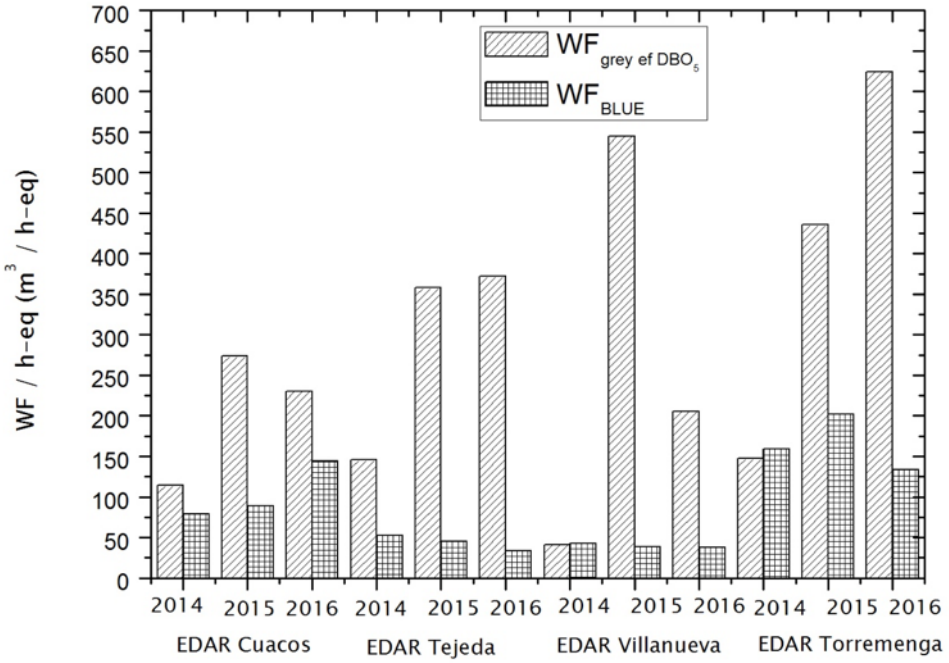

Figura 5.18: Valores anuales de Huella Hídrica en función de la población equivalente para las cuatro EDARs

En la Figura 5.6 se observa como la EDAR de Torremenga presenta los valores más elevados de WF_{Blue} por habitante equivalente, por ejemplo, para el año 2015 de 202,20 m^3/h-eq, con un aumento sustancial del volumen operacional a lo largo de los tres años. La EDAR que presenta un comportamiento más irregular en cuanto al volumen operacional es la EDAR de Villanueva de la Vera, con un pico en el año 2015, presentando un bajo consu-

mo energético por habitante equivalente, un valor medio de 39,78 m^3/h-eq. En cuanto a la EDAR de Cuacos de Yuste, presenta bajos valores en cuanto a su función depuradora, con un aumento del consumo energético, situándose en valores elevados de WF_{Blue}por habitante equivalente. La depuradora de Tejeda muestra el comportamiento más regular de las cuatro en cuanto a su consumo energético, y ha trabajado con un alto volumen de seguridad por habitante equivalente para los dos últimos años (para el año 2015 357,86 m^3/h-e).

En la Figura 5.6 se representa el ratio de huella hídrica por metro cúbico de afluente, obtenidos al relacionar los valores anuales de $WF_{GreyRaw}$, WF_{Blue} y WF_{GreyEf} con el caudal de entrada a la planta depuradora. Así, por ejemplo, se obtiene para la EDAR de Cuacos para el año 2014 que la carga contaminante de entrada expresada en términos de huella hídrica gris de DBO_5, es de 7,14 m^3 por cada metro cúbico de afluente, es decir, el volumen de agua necesario que debería disponer el medio receptor para diluir esa carga es de 7,14 por cada metro cúbico de vertido en un año. Para reducir esa carga, la planta depuradora realiza un consumo en términos de huella hídrica azul de 0,97 m^3 por cada metro cúbico tratado, emitiendo para ello 0,33 $kgCO_2$ (Tabla 5.3) obteniendo un volumen operacional, es decir, un margen de seguridad del cumplimiento de su función depuradora de 1,40 m^3 por cada metro cúbico de agua tratada.

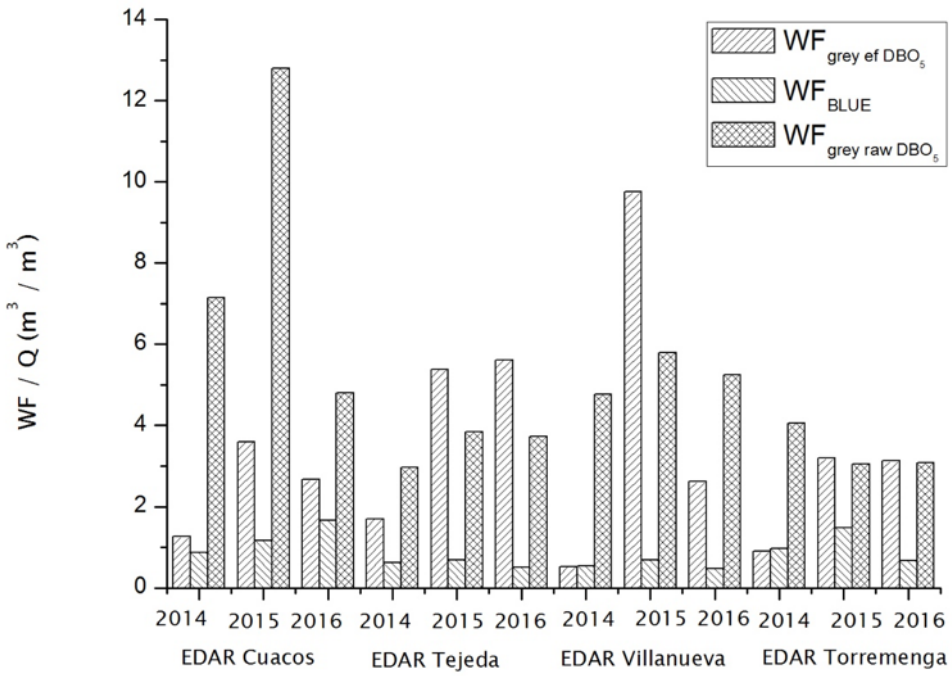

Figura 5.19: Valores anuales de Huella Hídrica por metro cúbico para las cuatro EDARs

En la Figura 5.6 se observa como la EDAR de Cuacos de Yuste presenta elevados valores de WF_{Blue} por metro cúbico para obtener un volumen de seguridad menor al presentado por las otras dos depuradoras. Se puede afirmar, que esta depuradora se encuentra bajo fuertes cargas de vertido, por lo que su función depuradora se ve limitada, y para poder dar respuesta a dichas cargas es necesario tener un alto consumo eléctrico de tal forma que se producen elevadas emisiones gaseosas al medio. La depuradora de Villanueva de la Vera, con población equivalente similar a la EDAR de Cuacos de Yuste - 8442 h.e y 8282 h. e, respectivamente - presenta valores más bajos en cuanto al consumo energético por metro cúbico de agua tratada, de media 0,57 m^3, y ha trabajado con un alto volumen de seguridad por metro cúbico de agua tratada para los dos últimos años. La planta depuradora de Tejeda de Tiétar presenta un comportamiento similar a Villanueva en cuanto a WF_{Blue} por metro cúbico, media 0,60 m^3 por metro cúbico de agua tratada, obteniéndose un aumento del volumen operacional cuando se produce un aumento de la carga de entrada. La EDAR de Torremenga es la de menor tamaño, 933 h-eq, y su consumo eléctrico reflejado en la WF_{Blue} es de 0,60 m^3 para obtener un volumen operacional de media de 4,23 m^3.

Tabla 5.17: Valores de CF por metro cúbico de agua tratada

	CF/V(kg CO_2 /m^3agua tratada)		
	2014	**2015**	**2016**
EDAR Cuacos	0,33	0,52	0,30
EDAR Tejeda	0,19	0,24	0,22
EDAR Villanueva	0,25	0,31	0,24
EDAR Torremenga	0,26	0,28	0,22
Valores medios anuales	0,26	0,34	0,24

La Tabla 5.17 muestra los resultados obtenidos para la Huella de Carbono por metro cúbico de agua tratada en las EDARs estudiadas. El valor medio para los tres años de estudio para las cuatro EDARs es de 0,28 kg CO_2/m^3, similar al obtenido por Lorenzo-Toja *et al.* (2016) en su estudio donde analizó 22 plantas de tratamiento en España con el ACV, obteniendo para las plantas con tratamiento biológico de fangos activos un valor de 0,278 $kgCO_2/m^3$.

Los resultados muestran que, al igual que Gu *et al.* (2016) en su trabajo, el nexo agua-energía en las aguas residuales puede ser cuantificado según unos indicadores que nos permiten revelar la eficiencia de función del tratamiento de aguas residuales a expensas del consumo de energía. En su trabajo, Gu *et al.* (2016) obtiene de valor promedio para

nueve depuradoras de China, la huella de agua gris de 6.78 m^3 se reduce cuando 1 m^3 de aguas residuales domésticas es tratada en EDAR en China en 2014, definido mediante al nuevo indicador propuesto por él, cuya expresión es la 5.2:

$$\Delta GWF = MIN\left[\frac{Q_i - B_i}{B_i}\right] \times V \tag{5.2}$$

Donde Q_i es la concentración de los principales contaminantes en el afluente de una EDAR (masa/volumen), es decir, el parámetro definido en este trabajo como c_{raw}, B_i es la concentración de los principales contaminantes en el efluente de una EDAR (masa/volumen), igual a c_{ef} y V es el volumen de agua tratada.
Si aplicamos la expresión 5.2 a las EDARs de estudio para los valores medio mensuales en el año 2014 se obtienen los valores de la Tabla 5.18, con un valor medio para las cuatro EDARs de 9,39 m^3 por cada metro cúbico de agua tratada, siendo la EDAR de Cuacos de Yuste la que presenta un valor muy elevado debido a la alta carga contaminante a la que es sometida, en cambio las otras tres plantas depuradoras presentan un comportamiento similar con un valor medio para las tres de 7,20 m^3 por cada metro cúbico de agua tratada . Tal y como señala Gu *et al.* (2016) en su estudio, las características de las aguas residuales, las tecnologías de tratamiento y los sistemas de manejo tienen un impacto importante en la eficiencia de la utilización de energía en la reducción de la huella de agua gris a través de una EDAR, por lo tanto, las diferencias que se presentan en ambos estudios dependen de estos factores intrínsecos a la planta depuradora y a su localización.

Tabla 5.18: Valores reducción huella hídrica gris (Gu *et al.*, 2016) para el año 2014

	ΔGWF (Gu *et al.*, 2016) (m^3/mes)	**V (m^3/mes)**	**ΔGWF/V (m^3/m^3agua tratada)**
EDAR Cuacos	998.869,84	62.573,08	15,98
EDAR Tejeda	304.620,31	42.866,83	7,11
EDAR Villanueva	373.630,35	55.210,75	6,77
EDAR Torremenga	98.806,71	12.804,08	7,72

En comparación con el nuevo indicador propuesto en este trabajo, *huella hídrica gris operacional* (apartado 3.2.2) con el indicador de "reducción de huella hídrica gris" definido por Gu *et al.* (2016), nuestra propuesta trabajar con las concentraciones de c_{max} y c_{nat} como valores limitantes, frente a la propuesta de Gu *et al.* (2016) donde su valor limitante es la concentración de salida propia de la EDAR. Se ha adoptado dicha consideración pues está adapta de una forma más estricta la definición de huella hídrica gris (Hoekstra, 2011), ya que el valor al que debe asimilarse la carga de vertido es el establecido por la normativa correspondiente al país o región donde se localiza la estación depuradora. De esta

forma, se contextualiza los valores de huella hídrica obtenidos y pueden proporcionarse recomendaciones de actuación concretas a cada caso, si bien la metodología es aplicable en cualquier zona de estudio.

Continuando con el trabajo de Gu *et al.* (2016), el valor promedio indicado de reducción de huella hídrica gris, 6.78m^3 se reduce cuando 1 m^3 de aguas residuales domésticas tratadas, requiere 13,38 l de agua dulce para producir la electricidad de 0,4 kWh necesaria para tratar un metro cúbico de aguas residuales domésticas y 0.23 kg de CO_2 este proceso. En nuestro caso, la Figura 5.20 muestra los valores medio para el año 2014 para las cuatro EDARs estudiadas. La huella hídrica gris de entrada expresada en términos de DBO_5, es de 5,17 m^3 por cada metro cúbico de afluente, es decir, el volumen de agua necesario que debería disponer el medio receptor para diluir esa carga es de 5,17 m^3 por cada metro cúbico de vertido en un año. Para reducir esa carga, las plantas depuradoras realizan un consumo medio en términos de huella hídrica azul de 0,87 m^3 por cada metro cúbico tratado, con un consumo eléctrico medio de 0,26 kWh, emitiendo para ello 0,26 kgCO_2 (Tabla 5.17) obteniendo una huella hídrica gris operacional, es decir, un margen de seguridad del cumplimiento de su función depuradora de 3,37 m^3 por cada metro cúbico de agua tratada.

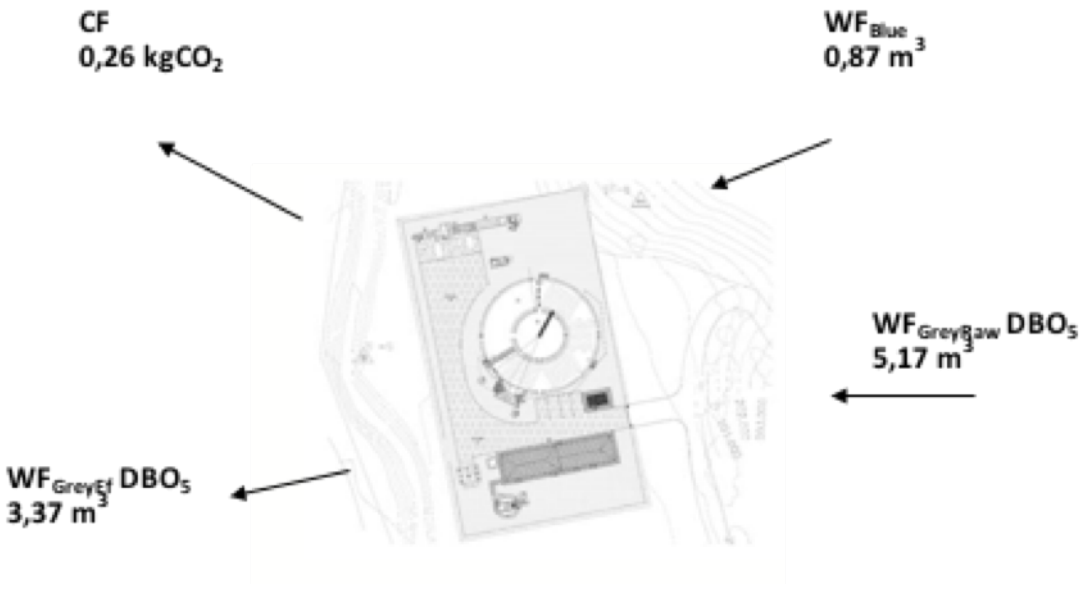

Figura 5.20: Valores medio de Huella por metro cúbico de agua tratada

Las mayores diferencias se producen entre ambos a la hora de cuantificar el volumen de agua dulce requerido en el consumo eléctrico, en su trabajo Gu *et al.* (2016) obtiene el agua virtual incorporada en la producción de energía en China en 2007 se basa en el trabajo de Zhang y otros (Zhang y Anadon, 2013), donde ellos estudiaron los retiros de agua del ciclo de vida, el uso de agua de consumo y la descarga de aguas residuales de los

sectores energéticos de China usando un modelo de entrada y salida multiregional mixto (MRIO) a nivel provincial. En cambio, en nuestro trabajo se ha optado por el factor obtenido a partir de su estudio por Ecoinvent. Estas grandes diferencias nos llevan a presentar en el apartado 5.7 de este trabajo una discusión pormenorizada de la evaluación del consumo de agua indirecto debida al consumo eléctrico.

5.6.1. Ratios de eficiencia

Los valores para cada una de las cuatro plantas depuradoras para los tres años de referencia de las relaciones de WF_{Blue} y CF con WF_{GreyEf}, se ha denominado EWF y ECF, respectivamente, y se representan en la Figura 5.21. Estas relaciones cuantifican la eficiencia del volumen de agua requerido por un lado y las emisiones producidas por otro, para llevar a cabo la función depuradora de la planta. Un menor valor de EWF corresponde a una mayor eficiencia en el uso de los recursos para cumplir la función depuradora de la planta. Y así, un valor bajo de ECF expresado como kg CO_2 -eq /m^3 corresponde a una baja emisión de gases de efecto invernadero por parte de la planta al realiza su función depuradora.

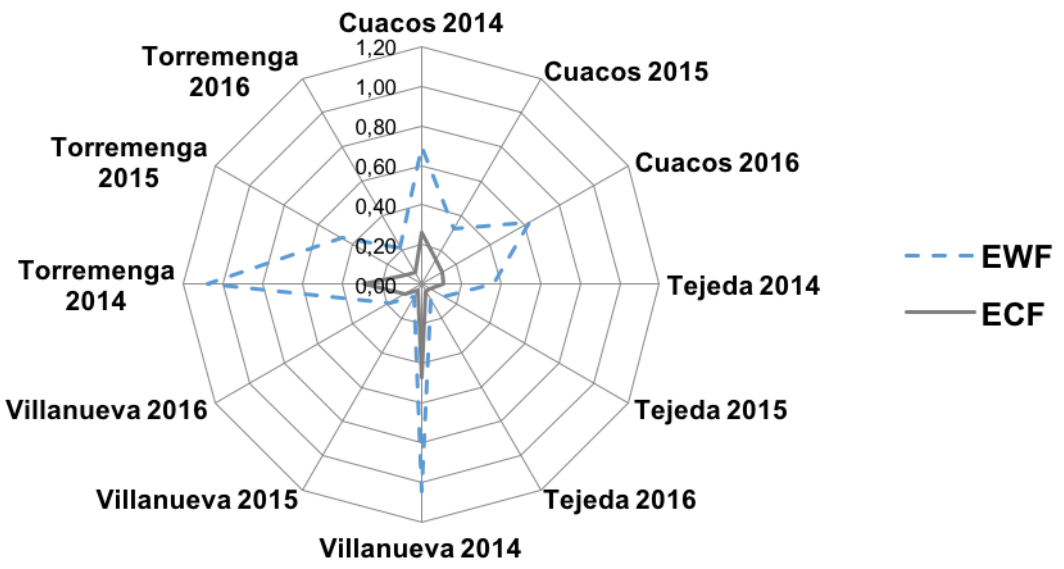

Figura 5.21: Valores de EWF y ECF para las EDARs estudiadas

En la Figura 5.21 se observa como se produce la misma distribución entre el ratio de EWF y ECF, es decir, una mayor eficiencia en el consumo eléctrico produce menores emisiones

y viceversa. Si nos centramos en cada una de las plantas, se observa que para todas ellas el año más eficiente es el 2014, entendiéndose como el año en él cada una de las estaciones depuradoras han optimizado el uso de los recursos. De las cuatro, las que presentan un mejor comportamiento para ese año son la EDAR de Villanueva de la Vera y la EDAR de Torremenga.

5.7. Evaluación del consumo eléctrico

Las mayores diferencias entre los distintos estudios a la hora de cuantificar el volumen de agua dulce requerido en el consumo eléctrico. En su trabajo Gu *et al.* (2016) obtiene el agua virtual incorporada en la producción de energía en China en 2007 se basa en el trabajo de Zhang y otros (Zhang y Anadon, 2013), con un valor de 0,013 m^3por cada metro cúbico de agua tratada. Al igual que sucede con el con el estudio de Shao y Chen (2013). En él, se utiliza para el cálculo un método híbrido que considera los gastos operativos de la EDAR y el consumo nacional de agua dulce para cada sector productivo en China en 2007, relacionando el consumo de agua con la economía. Teniendo en cuenta su enfoque en nuestro caso de estudio, el consumo de agua dulce sería aproximadamente de 3,6E-05 m^3/kWh, si bien es cierto, los procesos de cálculo de Ecoinvent consideran el consumo de agua en todo el proceso.
La elevada diferencia de WF_{Blue} por metro cúbico de agua tratada obtenida con frente a la aplicación del factor de Ecoinvent, se produce también en comparación , que sólo calcula la WF_{Blue} en una planta depuradora. Al aplicar el factor de Ecoinvent, Morera *et al.* (2016) obtiene en su trabajo 1,45 m^3 por metro cúbico de agua tratada, con valor medio mensual de WF_{Blue} de 3.628.295 m^3/mes para una EDAR con una población equivalente de 29.000 h.eq, para un periodo comprendido entre enero de 2007 y noviembre de 2010. En nuestro caso y tomando como referencia la EDAR de Cuacos de Yuste se obtiene un valor medio para tres años de estudio de 1,27 m^3 por cada metro cúbico de agua tratada, con un valor medio mensual de WF_{Blue} de 71.882 m^3/mes.

5.7.1. Evaluación del consumo eléctrico por fases de depuración

La adaptación de la metodología realizada por de Miguel *et al.* (2015) en una EDAR (apartado 3.2.1.1, método denominado *Evaluación por fases y sectores de producción*) se ha realizado en la EDAR de Aldeanueva de la Vera y Cuacos de Yuste para los años 2014 y 2015. En la etapa 1 se calcula el consumo por fases de depuración a partir del equipamiento de la planta. Según el inventario de datos anuales correspondiente a las potencias instaladas y los tiempos de funcionamiento de cada uno de ellos, se obtiene el

consumo eléctrico que se produce en cada una de las fases del tratamiento (Tabla 5.19). El mayor consumo eléctrico se produce en la fase de tratamiento secundario debido, por encima del 50 % del total de la instalación para ambos años, debido principalmente a los sistemas de aireación instalados en dicho tratamiento, seguido por la línea de fangos, tal y como se muestra en la Figura 5.22.

Tabla 5.19: Consumo eléctrico anual por fases de tratamiento en EDAR Cuacos de Yuste

FASES	2014 (kWh/año)	% FASE	20145 (kWh/año)	% FASE
Pretratamiento - Primario	16.916,59	9,97	16.794,24	10,59
Tanque de Tormentas	466,88	0,28	283,75	0,18
Secundario	90.144,25	53,14	81.618,39	51,45
Línea de Fangos	62.106,49	36,61	59.929,95	37,78
TOTAL	169.634,21		158.626,33	
Consumo Anual Real	227.733,00		255.433,00	

Si se compara el valor de consumo anual de la planta obtenido por esta metodología se observa que difiere de consumo real que se produce en la planta en un 34 % para el año 2014 y en un 61 % para el año 2015, siendo errores no asumibles para la consideración de dicho valor en la evaluación de la Huella Hídrica Azul. Este error es debido a la insuficiencia de datos disponibles en cuanto a la potencia instalada en la planta.

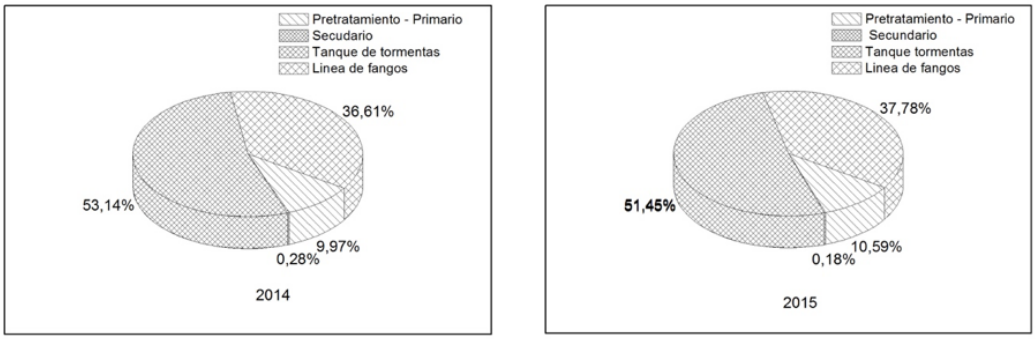

Figura 5.22: Distribución del consumo eléctrico según las fases de tratamiento en la EDAR de Cuacos de Yuste para los años 2014 y 2015

La WF_{Blue} debida al consumo eléctrico de la planta calculada según los consumos de agua en la generación de energía eléctrica según el informe de Hardy y Garrido (2010) presenta unos valores significativamente menores a los obtenidos aplicando el factor de Ecoinvent 3.0 recogido en su estudio por Morera *et al.* (2016). En la Figura 5.7.1 se recoge el consumo de agua obtenido a partir del estudio de Hardy y Garrido (2010) según el sector de

producción de la energía eléctrica en España. Se obtiene para el consumo eléctrico de la planta en el año 2014 y año 2015, 1.212,17 m^3/año y 860 m^3/año, respectivamente.

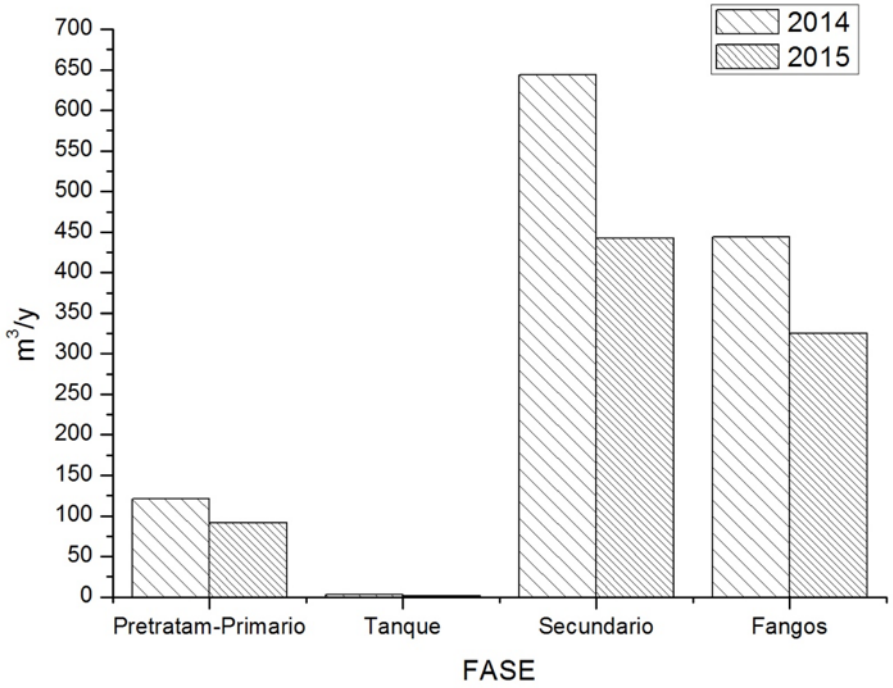

Figura 5.23: Consumo de agua según las fases de tratamiento en la EDAR de Cuacos de Yuste para los años 2014 y 2015 basado en el estudio de Hardy y Garrido (2010)

La elevada diferencia de WF_{Blue} por metro cúbico de agua tratada obtenida con frente a la aplicación del factor de Ecoinvent, se produce también en comparación con el estudio de Shao y Chen (2013), que sólo calcula la WF_{Blue} en una planta depuradora. En él, se utiliza para el cálculo un método híbrido que considera los gastos operativos de la EDAR y el consumo nacional de agua dulce para cada sector productivo en China en 2007, relacionando el consumo de agua con la economía. Teniendo en cuenta su enfoque en nuestro caso de estudio, el consumo de agua dulce sería aproximadamente de 3,6E-05 m^3/kWh, si bien es cierto, los procesos de cálculo de Ecoinvent consideran el consumo de agua en todo el proceso. Al aplicar el factor de Ecoinvent, Morera *et al.* (2016) obtiene en su trabajo 1,45 m^3 por metro cúbico de agua tratada, con valor medio mensual de WF_{Blue} de 3.628.295 m^3/mes para una EDAR con una población equivalente de 29.000 h.eq, para un periodo comprendido entre enero de 2007 y noviembre de 2010. En nuestro caso y tomando como referencia la EDAR de Cuacos de Yuste se obtiene un valor medio para tres años de estudio de 1,27 m^3 por cada metro cúbico de agua tratada, con un valor medio mensual de WF_{Blue} de 71.882 m^3/mes.

Capítulo 6

CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo final se recogen las principales conclusiones que se derivan de la propuesta aplicación de la Huella Hídrica y Huella de Carbono como herramientas evaluadorar enmarcadas en la búsqueda de una gestión eficiente y sostenible de las estaciones depuradoras de aguas residuales. Esta investigación ha planteado una metodología basada en el uso de indicadores con los cuales caracterizar los impactos ambientales que se producen al realizar la función depuradora, así como caracterizar la mejora que supone para el medio la existencia de una estación depuradora. Para finalizar esta memoria se relacionan algunas de las líneas de investigación posibles derivadas del trabajo realizado, las cuales ampliarían el análisis realizado en este trabajo o podrían complementarlo.

6.1. Conclusiones

La gestión urbana de los recursos hídricos es una pieza fundamental en la preservación de este bien limitado, pues las ciudades suponen la mayor concentración de la población y de las actividades económicas demandantes de este recurso, con una cantidad y calidad determinada que debe garantizarse. Pieza fundamental del ciclo urbano del agua es la depuración de las aguas residuales. En los últimos veinte años se ha realizado un gran esfuerzo en dotar a la sociedad española de las infraestructuras necesarias para cumplir con las exigencias europeas en lo referente al tratamiento de aguas residuales. Como cumplimiento de la Directiva Marco del Agua, reflejo del compromiso social en Europa por la depuración total de tos los vertidos realizados a las masas de agua, se ha llevado a cabo en la última fase su implantación en España, la dotación de infraestructuras de depuración a núcleos de pequeña población, donde la necesidad de una gestión eficiente y sostenible tanto económica como ambientalmente se hace más imprescindible.

Esta premisa de gestión eficiente y sostenible ha motivado esta investigación, donde se plantea un marco de evaluación de la gestión en una estación depuradora de aguas residuales a partir de la huella hídrica y huella de carbono como indicadores de la afección de este tipo de infraestructuras en el medio y de su eficiencia en cuanto a la optimización de los recursos. La idoneidad de la huella hídrica y huella de carbono como indicadores del impacto ambiental y eficiencia en la explotación de una planta de depuración de aguas residuales radica en la aparente simplicidad de su lenguaje y en proporcionar una manera estructurada y coherente de cuantificar el uso del agua y la contaminación en todo el proceso de depuración y a través de diferentes escalas, de tal forma que facilita la comprensión de la relación entre los usos del agua y su impacto en el medio.

La huella hídrica es un concepto relativamente nuevo y así como la herramienta para su evaluación. Gracias a ella se puede conocer cuándo, dónde y cómo los consumidores, los productores y los procesos y productos individuales reclaman un recurso limitado como

es el agua. La evaluación propuesta por WFN es una herramienta útil para cuantificarla, evaluar si las huellas son sostenibles e identificar opciones para reducir la huella cuando sea necesario. Dicho esto, la huella hídrica no es más que un indicador pertinente en el amplio tema de la asignación y uso eficiente de los recursos naturales. Por lo tanto, la evaluación de la huella hídrica es una herramienta parcial, la rápida adopción de la misma como un indicador integral de la apropiación de agua dulce por parte de los seres humanos es útil, pero siempre existe el riesgo de una simplificación excesiva. La huella hídrica se debe agregar al conjunto de instrumentos para la toma de decisiones, pero, al igual que todos los demás factores ambientales, sociales y económicos, no cuenta toda la historia, sino que sólo la reduce a una medida. Del mismo modo sucede con la Huella de Carbono, un solo indicador no puede explicar por sí mismo de forma exhaustiva el impacto de una actividad en el medio ambiente, pero el uso de conjunto serie de indicadores aporta un marco de análisis multidisciplinar. Sin embargo, se debe tener siempre presente el contexto de la evaluación realizada. Los valores obtenidos no son determinantes en sí, deben ir acompañados de un análisis del impacto o apropiación del recurso que representan, los datos con los cuales ha sido calculados y la no existencia de metodología claramente definida para su evaluación. Así, en cuanto a las principales debilidades de la evaluación de la huella hídrica se encuentran en el análisis de la huella hídrica gris y la todavía escasa aplicación en campos más allá de productos agroalimentarios. Por un lado, la evaluación de la huella del agua gris ignora las variaciones en los tiempos de permanencia en el medio ambiente de los contaminantes o los diferentes mecanismos de asimilación del medio según el contaminante, y los resultados son específicos a la ubicación puesto que se trabaja con los estándares de calidad de la zona. El primer aspecto se supera teniendo en cuenta a la huella hídrica gris como un indicador medido como agua virtual necesaria. En cuanto a la limitación de trabajar con los estándares de calidad del país o zona de vertido, dicha restricción no es tal, es más se contextualiza los valores de huella hídrica obtenidos y pueden proporcionarse recomendaciones de actuación concretas a cada caso. La evaluación de la huella hídrica es un campo incipiente en el entorno urbano, y más concretamente en la fase de depuración de aguas residuales, que permite el desarrollo de la metodología en el mismo y la búsqueda de la adaptación al mismo sin estrictos estándares preestablecidos. En cambio, la amplia aplicación de la huella de carbono en estaciones depuradores facilita la comprensión y evaluación de este indicador, pero puede llevar a equívocos en la aplicación de los estándares de estimación o factores preestablecidos.

Por tanto, la evaluación conjunta de ambas huellas como indicadores de la eficiencia en una planta depuradora supone una aportación novedosa en el desarrollo de metodologías que permiten conocer las relaciones entre las actividades humanas y el medio ambiente, social y económico en el cual se desarrollan. En cuanto a la aplicación en el servicio

de depuración de aguas residuales de un municipio, la evaluación conjunta de la Huella Hídrica y Huella de Carbono pone de relieve los siguientes aspectos:

• La necesidad de la existencia de este tipo de infraestructura

La explotación y funcionamiento de una planta depuradora conlleva un impacto ambiental, indicado en este estudio por la WF_{Blue} y CF. Sin embargo, dicho impacto es sustancialmente al que se produciría de no existir la estación depuradora, indicado por $WF_{GreyRaw}$, pues el volumen de autodepuración demandado al río sería mayor que el volumen de agua consumido directa o indirectamente por el funcionamiento de la EDAR.

• El impacto de su funcionamiento en el medio.

Gracias al funcionamiento de una EDAR, el impacto de las emisiones de agua en los ecosistemas naturales se reduce; sin embargo, hay unos impactos ambientales debidos al consumo energético y la producción de subproductos que deben cuantificarse y expresarse de una forma clara y coherente tal y como se ha podido constatar con la WF_{Blue} y CF.

El nuevo indicador *Huella gris operacional* define el volumen de agua de seguridad con el cual trabaja la depuradora para verter por debajo de los valores establecidos por la norma. En general, una EDAR trabaja con una concentración del efluente menor que la concentración fijada por la norma y mayor que la existente en el medio receptor de forma natural, de tal forma que que este parámetro indica la gestión de la depuradora en términos de cumplimiento de la norma en el efluente y el margen de maniobra con el cual trabaja la depuradora. WF_{GreyEf} refleja de una manera más clara la función depuradora de la planta y la gestión de la misma con respecto al indicador de ΔWF_{Grey} , si bien es cierto, este segundo indicador nos corrobora si este volumen operacional (WF_{GreyEf}) se ha producido con una reducción de la carga contaminante.

• El rendimiento de la función depuradora. relación entre la reducción de la carga contaminante llevada a cabo en la planta y los consumos realizados para ello.

Las relaciones EWF y ECF cuantifican la eficiencia del volumen de agua requerido por un lado y las emisiones producidas por otro, para llevar a cabo la función depuradora de la planta. Un menor valor de ellas corresponde a una mayor eficiencia en el uso de los recursos para cumplir la función depuradora de la planta.

Como consecuencia, la nueva metodología permite una mejor comprensión de las interacciones entre los recursos hídricos, el desarrollo económico, la práctica empresarial y los riesgos sociales y ambientales, formando parte de actividades de sensibilización, de gestión de los riesgos relacionados con el agua y del desarrollo de políticas en materia hídrica.

6.2. Líneas futuras de investigación

A partir de la realización de este trabajo de investigación se ha podido constatar el papel fundamental de la gestión del ciclo urbano del agua en la preservación de este bien limitado. Esta gestión debe realizarse de una manera eficiente y sostenible de tal forma que se cumpla con las exigencias de cantidad y calidad requeridas por la sociedad, y a la vez se fomente y busque realizar este servicio con la optimización de los recursos posibles y sin comprometer la conservación del medio ambiente. Para ello, es necesario el desarrollo del uso de indicadores que evalúen el impacto de las actividades humanas en el agua con el fin de conocer los rendimientos del ciclo urbano del agua y su eficiencia tanto desde un punto de vista ambiental como económico.

En este trabajo se propone la aplicación como indicadores de la gestión en la fase de depuración de aguas residuales a la Huella Hídrica y Huella de Carbono, a partir de esta aplicación se extraen una serie de limitaciones que una investigación posterior pueden complementar el trabajo realizado, así como las posibles ramas de investigación futuras basadas en este trabajo.

• Desarrollar y unificar las consideraciones en la evaluación de la Huella Hídrica debida al consumo eléctrico en la producción de un bien o servicio.

• Aplicar la metodología desarrollada en los procedimientos operacionales una planta de aguas residuales con el fin de desarrollar parámetros de gestión y las posibles mejoras a realizar.

• Extender la metodología a todo el ciclo urbano del agua.

• Fomentar la reutilización de las aguas residuales a partir del conocimiento y evaluación de las huellas

• Incluir otra serie de indicadores para proporcionar un marco evaluador estructurado, multidisciplinar y coherente que permita conocer las conexiones entre los recursos hídricos, el desarrollo económico, la práctica empresarial y los riesgos sociales y ambientales. De tal forma que se establezca una estrategia de desarrollo sostenible requiere donde se acoplen todos los procesos tanto humanos como ecológicos en un marco coherente en el que se identifiquen las dependencias e impactos de las actividades humanas en el funcionamiento ecológico.

Referencias

AENOR (2006a). UNE-EN ISO 14040. Gestión ambiental. Análisis ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

AENOR (2006b). UNE-EN ISO 14044. Gestión ambiental. Análisis ciclo de vida. Requisitos y directrices.

AENOR (2015). UNE-EN ISO 14046. Gestión ambiental. Huella de agua. Principios, requisitos y directrices.

Aldaya, M. M. y Llamas, M. R. (2008). Water footprint analysis for the Guadiana river basin.

Allan, J. (1998). Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits. *Ground Water*, 36:545–546.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., y others (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO, Rome*, 300(9):D05109.

Boulay, A.-M., Hoekstra, A. Y., y Vionnet, S. (2013). Complementarities of Water-Focused Life Cycle Assessment and Water Footprint Assessment. *Environmental Science & Technology*, 47(21):11926–11927.

Chapagain, A. y Orr, S. (2009). An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes. *Journal of Environmental Management*, 90(2):1219–1228.

Chapagain, A. K. y Tickner, D. (2012). Water footprint: Help or hindrance? *Water Alternatives*, 5(3):563.

Corominas, L., Foley, J., Guest, J., Hospido, A., Larsen, H., Morera, S., y Shaw, A. (2013). Life cycle assessment applied to wastewater treatment: State of the art. *Water Research*, 47(15):5480–5492.

de Miguel, Á., Hoekstra, A. Y., y García-Calvo, E. (2015). Sustainability of the water footprint of the Spanish pork industry. *Ecological Indicators*, 57:465–474.

Ercin, A. y Hoekstra, A. (2016). European Water Footprint Scenarios for 2050. *Water*, 8(6):226.

Ercin, A. E., Aldaya, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2012). The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products. *Ecological Indicators*, 18:392–402.

Fang, K., Heijungs, R., y de Snoo, G. R. (2014). Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecological Indicators*, 36:508–518.

Franke, N., Hoekstra, A. Y., y Boyacioglu, H. (2013). *Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines*.

Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., y Giljum, S. (2012). Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *The State of the Art in Ecological Footprint: Theory and Applications*, 16:100–112.

Godin, D., Bouchard, C., y Vanrolleghem, P. A. (2012). Net environmental benefit: introducing a new LCA approach on wastewater treatment systems. *Water Science & Technology*, 65(9):1624.

Gu, Y., Dong, Y.-n., Wang, H., Keller, A., Xu, J., Chiramba, T., y Li, F. (2016). Quantification of the water, energy and carbon footprints of wastewater treatment plants in China considering a water–energy nexus perspective. *Ecological Indicators*, 60:402–409.

Gu, Y., Li, Y., Wang, H., y Li, F. (2014). Gray Water Footprint: Taking Quality, Quantity, and Time Effect into Consideration. *Water Resources Management*, 28(11):3871–3874.

Guerrini, A., Romano, G., Ferretti, S., Fibbi, D., y Daddi, D. (2016). A Performance Measurement Tool Leading Wastewater Treatment Plants toward Economic Efficiency and Sustainability. *Sustainability*, 8(12):1250.

Hardy, L. y Garrido, A. (2010). *Análisis y evaluación de las relaciones ente el agua y energía en España*. Número 6 en Papeles de Agua Virtual. Fundación Botín, Madrid. OCLC: 796372353.

Hoekstra, A. y. (2003). *Virtual water trade. Proceedings of the international expert meeting on Virtual Water Trade*. Número 12 en Value of Water. IHE Delft, Delft. The Netherlands.

Hoekstra, A. Y., editor (2011). *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. Earthscan, London ; Washington, DC. OCLC: ocn693205756.

Hoekstra, A. Y. (2016). A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA. *Ecological Indicators*, 66:564–573.

Hoekstra, A. Y. (2017). Water Footprint Assessment: Evolvement of a New Research Field. *Water Resources Management*.

Hoekstra, A. Y. y Chapagain, A. K. (2006). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, 21(1):35–48.

Hoekstra, A. Y. y Mesfin M. Mekonnen (2011). *National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Número 50 en Value of Water. UNESCO-IHE, Delft. The Netherlands.

Hoff, H., Döll, P., Fader, M., Gerten, D., Hauser, S., y Siebert, S. (2014). Water footprints of cities – indicators for sustainable consumption and production. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(1):213–226.

Hopper, M. (2006). *Evapotranspiracion del cultivo: guias para determinacion los requerimientos de agua de los...* Food & Agriculture Org, S.l. OCLC: 946796020.

Hospido, A., Moreira, M. T., y Feijoo, G. (2008). A comparison of municipal wastewater treatment plants for big centres of population in Galicia (Spain). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(1):57–64.

Hospido, A., Moreira, M. T., Fernández-Couto, M., y Feijoo, G. (2004). Environmental performance of a municipal wastewater treatment plant. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(4):261–271.

IPCC (2016). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Technical report.

Jefferies, D., Muñoz, I., Hodges, J., King, V. J., Aldaya, M., Ercin, A. E., Milà i Canals, L., y Hoekstra, A. Y. (2012). Water Footprint and Life Cycle Assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption. Key learning points from pilot studies on tea and margarine. *Journal of Cleaner Production*, 33:155–166.

Jenerette, G. D. y Larsen, L. (2006). A global perspective on changing sustainable urban water supplies. *Global and Planetary Change*, 50(3–4):202–211.

Lorenzo-Toja, Y., Vázquez-Rowe, I., Amores, M. J., Termes-Rifé, M., Marín-Navarro, D., Moreira, M. T., y Feijoo, G. (2016). Benchmarking wastewater treatment plants under an eco-efficiency perspective. *Science of The Total Environment*, 566-567:468–479.

Manzardo, A. y Loss, A. (2016). Methodological proposal to assess the water footprint accounting of direct water use at an urban level: A case study of the Municipality of Vicenza. *Ecologicla Indicators*, 69:165–175.

McDonald, R. I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P. A., Gleeson, T., Eckman, S., Lehner, B., Balk, D., Boucher, T., Grill, G., y Montgomery, M. (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change*, 27:96–105.

Mekonnen, M. M., Gerbens-Leenes, P., y Hoekstra, A. Y. (2016). Future electricity: The challenge of reducing both carbon and water footprint. *Science of The Total Environment*, 569-570:1282–1288.

Mekonnen, M. M., Gerbens-Leenes, P. W., y Hoekstra, A. Y. (2015). The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment. *Environ. Sci.: Water Res. Technol.*, 1(3):285–297.

Moffatt, I. (2000). Ecological footprints and sustainable development. *Ecological economics*, 32(3):359–362.

Molinos-Senante, M., Gémar, G., Gómez, T., Caballero, R., y Sala-Garrido, R. (2016). Eco-efficiency assessment of wastewater treatment plants using a weighted Russell directional distance model. *Journal of Cleaner Production*, 137:1066–1075.

Morera, S., Corominas, L., Poch, M., Aldaya, M., y Comas, J. (2016). Water footprint assessment in wastewater treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 112, Part 5:4741–4748.

Ortega de Miguel, E. (2010). *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*. Ministerio Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. OCLC: 710889801.

Paterson, W., Rushforth, R., Ruddell, B., Konar, M., Ahams, I., Gironás, J., Mijic, A., y Mejia, A. (2015). Water Footprint of Cities: A Review and Suggestions for Future Research. *Sustainability*, 7(7):8461–8490.

Pellicer-Martínez, F. y Martínez-Paz, J. M. (2016). The Water Footprint as an indicator of environmental sustainability in water use at the river basin level. *Science of The Total Environment*.

Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. En *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, volumen 193, pp. 120–145. The Royal Society.

Rio Carrillo, A. M. y Frei, C. (2009). Water: A key resource in energy production. *Energy Policy*, 37(11):4303–4312.

Risch, E., Loubet, P., Núñez, M., y Roux, P. (2014). How environmentally significant is water consumption during wastewater treatment?: Application of recent developments in LCA to WWT technologies used at 3 contrasted geographical locations. *Water Research*, 57:20–30.

Rushforth, R. y Ruddell, B. (2015). The Hydro-Economic Interdependency of Cities: Virtual Water Connections of the Phoenix, Arizona Metropolitan Area. *Sustainability*, 7(7):8522–8547.

Shao, L. y Chen, G. (2013). Water footprint assessment for wastewater treatment: method, indicator, and application. *Environmental science & technology*, 47(14):7787–7794.

Singh, P., Carliell-Marquet, C., y Kansal, A. (2012). Energy pattern analysis of a wastewater treatment plant. *Applied Water Science*, 2(3):221–226.

UNESCO (2015). Water for a sustainable world includes data and indicators annex for water and energy. Technical report, Unesco, Paris. OCLC: 908612764.

URBAN-WFTP (2014). Welcome to Urban Water Footprint: a new approach for water management in urban areas. - URBAN-WFTP Urban Water Footprint: a new approach for water management in urban area.

Wackernagel, M. y Rees, W. (1994). Appropriating carrying capacity: measuring natural capital requirements of the human economy. *Investing in Natural Capital: Ecological Economics Approaches to Sustainability. Island Press, Washingtion DC*.

Zhang, G., Hoekstra, A., y Mathews, R. (2013). Water Footprint Assessment (WFA) for better water governance and sustainable development. *Water Resources and Industry*, 1-2:1–6.

Zhuo, L., Mekonnen, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2016). Consumptive water footprint and virtual water trade scenarios for China — With a focus on crop production, consumption and trade. *Environment International*, 94:211–223.

ANEJO A

ANEJO DE PLANOS DE INSTALACIÓN DE LA EDAR

PLANO DE INSTALACIONES DE LA EDAR DE CUACOS DE YUSTE

/Volumes/TOSHIBA/definitivo/ARCHIVOSLYXTESISANEJO/figuras/anejo planos/Plano Cuacos

PLANO DE INSTALACIONES DE LA EDAR DE TEJEDA DE TIÉTAR

/Volumes/TOSHIBA/definitivo/ARCHIVOSLYXTESISANEJO/figuras/anejo planos/Plano Tejeda

PLANO DE INSTALACIONES DE LA EDAR DE VILLANUEVA DE LA VERA

/Volumes/TOSHIBA/definitivo/ARCHIVOSLYXTESISANEJO/figuras/anejo planos/Plano Valver

PLANO DE INSTALACIONES DE LA EDAR DE TORREMENGA

/Volumes/TOSHIBA/definitivo/ARCHIVOSLYXTESISANEJO/figuras/anejo planos/Plano Torrem

ANEJO B

ANEJO DE DATOS MENSUALES DE EXPLOTACIÓN

EDAR CUACOS DE YUSTE 2013

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-13	384	23,2	780	50,9	787	57,53	18,2	4,55	121	16,25
feb-13	315	18,2	1284	72,25	654	45,72	21,2	5,3	145	18,21
mar-13	245	15,2	684	45,5	487	36,56	23,2	2,8	65	8,45
abr-13	287	14,20	1248	76,6	424	25	16,50	4	58,00	13
may-13	308	18,10	1350	85,7	687	38,85	12,30	2,21	67,00	16,25
jun-13	384	19,20	1584	55,24	745	25,07	14,60	1,25	118,00	18,25
jul-13	354	21,20	954	61,2	657	17,61	41,20	6,24	143,00	21,35
ago-13	498	<5	624	32,2	687	12,25	12,20	3,21	12,00	12,48
sept-13	482	<5	854	25,2	574	6,87	6,50	1,58	56,00	13,21
oct-13	484	12,20	784	21,3	789	24,06	6,80	2,58	54,00	14,58
nov-13	451	7,20	687	11,28	447	8,63	6,80	3,25	64,00	15,48
dic-13	354	18,20	654	42,25	487	30,30	9,20	4,25	78,00	16,87

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-13	53.842,00	70.009,00	18697	0
feb-13	52.990,00	67.694,00	17017	0
mar-13	76.025,00	76.025,00	19602	29,00
abr-13	75.203,00	75.203,00	23052	29,00
may-13	58.564,00	58.564,00	18818	43,50
jun-13	47.898,00	47.898,00	19574	43,50
jul-13	52.673,00	52.673,00	22990	43,50
ago-13	47.920,00	47.920,00	28629	58,00
sept-13	39.069,00	39.069,00	26100	58,00
oct-13	44.812,00	44.812,00	26739	29,00
nov-13	34.908,00	34.908,00	21129	14,50
dic-13	49.484,00	49.484,00	22390	0,00

EDAR CUACOS DE YUSTE 2014

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-14	193,5	7	387	14	189,5	10,5	3,735	0,145	48	10
feb-14	178	9	356	18	143,5	23,5	6,365	1,295	51,5	9,5
mar-14	202,5	13,5	405	27	148,5	30	3,755	0,66	44,5	7
abr-14	216	9,00	431	18	139	15	2,16	1	37,50	9
may-14	185	13,50	369	27	153	23,00	6,01	1,48	54,00	9,50
jun-14	154	16,00	308	32	188	13,50	3,72	1,21	63,00	11,00
jul-14	186	17,00	372	34	156	17,00	2,73	0,90	73,00	5,50
ago-14	186	10,50	371	21	134	28,00	1,61	1,00	55,00	9,00
sept-14	208	11,00	416	22	168	17,00	2,89	1,57	56,50	13,00
oct-14	178	16,00	356	32	145	10,50	4,52	1,64	45,00	12,50
nov-14	199	13,50	398	27	138	12,50	2,17	1,02	65,50	10,50
dic-14	182	12,50	363	25	151	18,00	4,54	0,13	58,50	8,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-14	82238,00	73838,00	17059	16,79
feb-14	74701,00	74468,00	15682	2,72
mar-14	74244,00	59772,00	18110	13,98
abr-14	71292,00	56774,00	15761	32,45
may-14	60515,00	42534,00	23504	37,88
jun-14	56335,00	38071,00	18959	46,58
jul-14	52160,00	32176,00	22440	39,76
ago-14	51555,00	34375,00	23521	26,06
sept-14	46655,00	33195,00	17618	29,03
oct-14	58577,00	42417,00	17292	27,80
nov-14	59064,00	44158,00	16773	21,86
dic-14	63541,00	47681,00	21014	27,61

EDAR CUACOS DE YUSTE 2015

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-15	423	12	860	24	868	21	4,85	0,3	42	12
feb-15	347	<5	1416	<5	721	21	5,25	1,2	45	8
mar-15	270	<5	754	<5	537	24	4,58	1	52	6
abr-15	316	8,00	1376	32	467	21	4,75	0	43,00	13
may-15	315	<5	1158	12	652	18,00	4,85	1,15	42,00	6,00
jun-15	315	<5	590	19	100	<5	6,59	0,28	83,00	14,00
jul-15	316	8,00	1376	32	467	21,00	4,75	0,30	43,00	12,50
ago-15	315	<5	1158	12	652	18,00	4,85	1,15	42,00	6,00
sept-15	315	<5	590	19	100	<5	6,59	0,28	83,00	14,00
oct-15	315	7,00	520	35	280	20,00	3,25	0,50	51,00	8,00
nov-15	290	6,00	450	25	250	15,00	4,10	1,05	40,00	10,00
dic-15	280	<5	480	28	210	6,00	3,85	0,95	33,00	7,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-15	60548,00	44288,00	17584	13,07
feb-15	47774,00	33178,00	20268	12,60
mar-15	50032,00	33509,00	20448	18,74
abr-15	53534,00	36290,00	18690	31,86
may-15	51115,00	30657,00	19072	33,89
jun-15	48677,00	31541,00	20908	35,34
jul-15	51373,00	34336,00	27880	38,51
ago-15	47339,00	32924,00	27635	29,52
sept-15	54875,00	33600,00	18052	55,10
oct-15	54875,00	52510,00	19193	45,00
nov-15	56610,00	48829,00	22218	25,38
dic-15	52471,00	42807,00	23485	8,24

EDAR CUACOS DE YUSTE 2016

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-16	98	10	210	32	45	18	1,9	0,15	34,6	13
feb-16	85	8	214	15	56	22	1,4	0,2	38	10
mar-16	117	<5	215	18	55	21	1,8	0,6	49	9
abr-16	115	8,00	186	16	70	20	2,10	0	45,00	10
may-16	146	9,00	198	17,2	66	15,00	2,43	0,40	48,50	9,00
jun-16	150	6,00	210	15	68	20,00	2,10	0,50	48,00	8,00
jul-16	125	8,00	258	22	91	25,00	2,85	0,55	38,00	12,00
ago-16	141	9,00	305	25	95	21,00	2,60	0,60	41,00	8,00
sept-16	152	7,00	298	30	102	15,00	2,10	0,71	45,00	10,00
oct-16	185	9,20	481	30	105	20,00	2,67	0,65	48,00	9,20
nov-16	205	7,50	502	28	110	25,00	2,80	0,80	55,00	10,10
dic-16	220	6,50	539	32	108	19,00	2,90	0,92	51,00	10,50

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-16	75754,85	87093,26	19557	17,26
feb-16	65108,07	55989,74	18247,39671	31,01
mar-16	68876,23	54116,28	21138,2753	24,96
abr-16	72395,50	63810,11	19246	29,64
may-16	79573,31	84583,29	18690	45,06
jun-16	64787,53	42010,67	21292	69,63
jul-16	61424,98	42344,54	21893	131,57
ago-16	65373,68	43121,21	26809	48,42
sept-16	52319,13	34417,76	22077	40,33
oct-16	53109,79	48434,60	21513	31,38
nov-16	56663,18	63319,54	26438	44,44
dic-16	60099,65	55654,48	23032	40,52

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2013

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-13	135	13	224	29	249	31	6	3,2	32	8
feb-13	82	10	452	42	178	27	6,8	3,1	47	9
mar-13	83	8	207	24	150	21	7,2	1,1	20	5
abr-13	79	8,00	392	39	126	15	4,20	2	20,00	7
may-13	92	9,00	350	47	220	23,00	4,10	1,50	21,00	10,00
jun-13	111	10,00	433	32	214	13,00	2,20	0,87	35,00	10,00
jul-13	108	12,00	249	25	204	9,00	1,00	0,65	43,00	11,00
ago-13	148	7,20	207	18	219	7,00	3,40	1,21	4,00	6,00
sept-13	159	5,50	283	14	153	4,00	2,60	1,25	17,00	7,00
oct-13	143	5,00	272	11	234	14,00	1,20	1,54	14,00	8,00
nov-13	152	<5	203	6	136	4,00	1,50	0,25	22,00	8,00
dic-13	90	10,00	195	25	149	18,00	1,30	0,45	27,00	9,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-13	65359,00	6786,66	6143	14,5
feb-13	58186,00	87394,00	4460	0
mar-13	39274,00	13586,00	6325	0,00
abr-13	60482,00	83347,00	11241	0,00
may-13	52089,00	47350,00	8566	14,50
jun-13	40550,00	37877,00	7864	14,50
jul-13	29563,00	28453,00	10240	29,00
ago-13	27011,00	19517,00	11452	14,50
sept-13	28656,00	31788,00	9214	0,00
oct-13	32226,00	46421,00	7846	14,50
nov-13	23096,00	34908,00	6600	0,00
dic-13	27524,00	28533,00	7584	0,00

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2014

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-14	106	16,00	318	60	95	16	4,10	0,66	30,00	4
feb-14	93	10,00	279	42,00	116	17,00	3,70	0,67	25,00	3,00
mar-14	84	10,00	252	45,00	99	10,00	6,20	1,18	27,00	3,51
abr-14	88	11,00	264	48,00	109	16,00	3,10	0,56	32,00	4,16
may-14	96	12,00	288	58,00	81	15,00	5,90	1,18	34,00	7,14
jun-14	81	11,00	243	49,00	107	19,00	3,30	0,63	28,00	7,00
jul-14	88	13,00	264	29,00	99	15,00	5,70	0,91	34,00	4,08
ago-14	99	10,00	297	42,00	112	12,00	6,40	1,15	34,00	7,14
sept-14	110	15,00	330	56,00	82	14,00	4,90	0,98	33,00	3,30
oct-14	97	11,00	291	58,00	91	15,00	4,30	0,65	27,00	4,59
nov-14	94	9,00	282	48,00	106	15,00	2,10	0,36	20,00	3,40
dic-14	87	13,00	261	52,00	117	21,00	6,60	0,99	24,00	4,56

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-14	53742,00	124288,00	6121	0,39
feb-14	28206,00	144847,00	4570	0,48
mar-14	57623,00	53314,00	7328	21,90
abr-14	58591,00	54897,00	10305	9,91
may-14	36972,00	34314,00	8069	120,22
jun-14	34198,00	29789,00	7870	84,00
jul-14	29658,00	26855,00	10188	0,43
ago-14	25961,00	23391,00	11593	125,27
sept-14	32915,00	35039,00	9112	167,59
oct-14	47091,00	49768,00	7566	172,22
nov-14	54444,00	59244,00	6853	46,73
dic-14	55001,00	52817,00	11156	20,39

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2015

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-15	105	6	250	15	85	2	2,2	1,2	23	5
feb-15	125	8	325	18	90	5	2,6	1,8	25	8
mar-15	110	4	292	11	82	4	1,9	1,1	21	6
abr-15	108	5,00	260	16	80	4	2,10	1	22,00	6
may-15	115	6,00	315	17	92	6,00	2,40	1,50	28,00	9,00
jun-15	110	5,00	285	14	105	8,00	1,95	1,25	23,00	7,00
jul-15	108	5,00	260	16	80	4,00		1,10	22,00	6,00
ago-15	135	6,00	315	17	92	6,00		1,50	28,00	9,00
sept-15	110	5,00	285	14	105	8,00		1,25	23,00	7,00
oct-15	110	6,00	251	15	90	6,00		1,05	25,00	8,00
nov-15	125	7,00	280	18	98	8,00		0,95	22,00	9,00
dic-15	105	6,00	290	15	92,0	7,00		0,82	24,00	7,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-15	45075,00	40402,00	9080	16,64
feb-15	40382,00	35951,00	7050	32,72
mar-15	41300,00	36450,00	8680	8,00
abr-15	50415,00	43926,00	8625	56,55
may-15	42414,00	36129,00	8405	25,33
jun-15	24573,00	21382,00	8250	80,46
jul-15	22539,00	19971,00	9534	23,15
ago-15	22607,00	21677,00	8216	120,38
sept-15	20709,00	20957,00	7116	70,65
oct-15	33318,00	38379,00	6584	84,22
nov-15	29056,00	43185,00	5598	41,55
dic-15	25641,00	30687,00	6460	39,10

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2016

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-16	95	7	245	18	90	5	2,05	1,05	21	7
feb-16	106	6	310	20	85	7	2,1	0,95	19	9
mar-16	108	8	285	19	75	6	1,95	0,85	20	7
abr-16	110	7,00	285	20	75	8	2,25	1	25,00	7
may-16	125	8,00	305	18	91	9,00	2,60	1,10	30,00	8,00
jun-16	108	6,00	290	19	98	7,00	2,10	0,95	28,00	6,00
jul-16	108	7,00	265	18	85	8,00	2,05	0,95	21,00	7,00
ago-16	130	8,00	305	20	91	7,00	2,20	0,85	25,00	8,00
sept-16	105	6,00	275	21	104	9,00	1,85	1,02	26,00	7,00
oct-16	105	7,00	242	12	85	8,00	1,98	0,92	25,00	7,00
nov-16	110	9,00	248	15	87	10,00	1,85	0,98	26,00	9,00
dic-16	118	8,00	248	19	92	9,00	2,10	1,05	21,00	8,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-16	44.381,47	89.850,39	5853,84	0,85
feb-16	36.202,67	66.252,60	4926,03	1,08
mar-16	28.512,03	67.182,32	4726,81	128,00
abr-16	32.082,17	77.751,17	4329,04	161,13
may-16	37.808,25	87.789,58	5184,17	0,79
jun-16	38.656,57	35.169,19	6197,84	0,16
jul-16	35.426,92	33.535,65	7905,36	6,89
ago-16	30.721,04	28.596,20	9603,62	0,75
sept-16	21.691,70	21.448,46	6543,71	13,59
oct-16	25.584,45	31.937,93	4956,45	31,50
nov-16	28.342,23	53.685,32	4847,04	26,22
dic-16	37.406,95	57.390,14	4910,51	48,88

EDAR VILLANUEVA DE LA VERA 2014

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-14	138	19	418	50	120	18	4,04	0,69	41	9
feb-14	140	18	419	57	103	15	4,03	0,77	40	7
mar-14	131	17	392	64	109	19	5,04	0,94	48	6
abr-14	121	17	362	71	131	21	5,03	0,84	48	7
may-14	132	18	458	78	138	23	4,56	0,80	50	11
jun-14	111	14	332	39	96	14	4,04	0,66	51	7
jul-14	152	20	456	83	105	15	4,56	0,83	50	9
ago-14	140	19	420	66	107	14	4,55	0,78	43	8
sept-14	144	19	431	68	121	16	3,56	0,65	42	6
oct-14	142	19	426	72	113	14	3,55	0,56	48	8
nov-14	152	19	455	55	120	15	4,54	0,79	48	8
dic-14	123	14	368	62	122	22	3,05	0,51	41	9

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-14	76872,00	92842,00	9500	12,22
feb-14	75681,00	125431,00	8835	9,44
mar-14	81861,00	71667,00	9514	0,05
abr-14	73438,00	69812,00	9653	0,63
may-14	55781,00	47467,00	10982	40,71
jun-14	38559,00	33371,00	10978	65,71
jul-14	35422,00	31340,00	10997	24,56
ago-14	35565,00	30439,00	15339	31,13
sept-14	38623,00	33518,00	11267	32,78
oct-14	36155,00	33679,00	9191	38,66
nov-14	61251,00	60540,00	8097	46,08
dic-14	53321,00	51959,00	10757	31,38

EDAR VILLANUEVA DE LA VERA 2015

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-15	165	5	325	11	142	4,50	2,85	0,91	21,00	10,00
feb-15	170	6	348	12	135	3,00	2,90	0,96	22,00	12,00
mar-15	175	5	359	11	156	4,00	3,75	0,68	25,70	8,25
abr-15	145	4	325	12	152	4,00	2,10	0,85	22,00	11,00
may-15	165	6	358	10	142	4,00	2,45	0,82	23,00	10,00
jun-15	185	5	389	11	161	5,00	2,89	0,65	21,00	8,25
jul-15	165	8	355	15	161	6,00	3,05	0,65	25,00	9,00
ago-15	181	8	410	18	181	7,00	3,10	0,82	28,00	9,50
sept-15	192	8	485	15	190	6,00	3,25	0,58	31,00	6,63
oct-15	152	5	325	12	172	5,00	2,10	0,50	28,00	6,00
nov-15	125	6	301	13	135	8,00	1,85	0,61	21,00	7,00
dic-15	110	6	295	13	145	6,00	1,90	0,47	18,00	5,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-15	46058,00	44295,00	8965	13,06
feb-15	36688,00	36600,00	8541	20,24
mar-15	41999,00	41017,00	10006	23,98
abr-15	41767,00	77843,00	10379	4,74
may-15	26607,00	103083,00	9137	9,73
jun-15	37083,00	117211,00	8874	8,75
jul-15	38316,00	174351,00	12496	5,76
ago-15	25486,00	76315,00	10823	55,53
sept-15	33052,00	60376,00	10098	77,71
oct-15	51351,00	100110,00	8303	29,69
nov-15	52269,00	36865,00	6996	30,89
dic-15	41347,00	10079,00	7853	1,60

EDAR VILLANUEVA DE LA VERA 2016

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-16	142	8	310	15	45	8	2,65	0,65	18	7
feb-16	130	10	290	16	65	9	2,5	0,7	22	6
mar-16	125	8	285	17	90	8	3,05	0,4825	21	5,25
abr-16	122	8	310	14	145	7	2,05	0,87	24	9
may-16	135	5	325	12	130	6	2,1	0,78	25	11
jun-16	155	7	358	14	155	7	2,25	0,64	20	7
jul-16	155	9	341	16	165	8	3,1	0,95	23	8
ago-16	180	7	432	19	170	9	3,25	0,82	29	9
sept-16	170	8	365,5	17	190	8	3,15	0,6975	28	5,75
oct-16	145	7	348	18	130	7	3,25	1,1	30	6
nov-16	155	9	364,25	17	125	9	2,58	1,26	32	8
dic-16	160	8	377,6	17	115	8	3,57	0,8025	28	4,75

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh	FANGOS t
MES				
ene-16	63328,51	46613,08	6267,48	0,00
feb-16	53710,24	38747,13	6423,41	4,98
mar-16	57913,62	33517,38	7307,78	0,01
abr-16	68859,01	55259,48	7122,09	0,01
may-16	75994,26	87302,09	10046,98	17,58
jun-16	49654,79	25586,47	7740,42	0,02
jul-16	48576,41	41816,01	12070,63	43,43
ago-16	44060,70	34679,23	13124,11	7,81
sept-16	38756,74	31651,02	11801,07	2,86
oct-16	46184,65	33674,95	10587,47	2,11
nov-16	56952,06	40966,74	9303,98	122,56
dic-16	60173,00	28543,00	8471,18	26,85

EDAR TORREMENGA 2014

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-14	108	14	324	58	133	23	3,10	0,47	29,00	5,51
feb-14	138	14	414	75	132	16	5,10	0,87	30,00	4,20
mar-14	130	14	390	55	150	29	5,60	1,06	28,00	5,32
abr-14	90	11	270	27	141	21	5,60	0,84	30,00	3,90
may-14	136	14	408	82	152	17	5,20	0,78	29,00	5,22
jun-14	108	11	324	36	132	25	5,60	1,12	37,00	4,07
jul-14	113	16	339	68	152	29	4,20	0,76	29,00	5,51
ago-14	111	13	333	50	123	22	6,20	1,12	27,00	6,75
sept-14	118	12	354	71	118	19	3,60	0,54	32,00	6,08
oct-14	124	15	372	48	129	13	3,00	0,45	40,00	6,00
nov-14	112	13	336	60	135	24	2,00	0,40	31,00	5,89
dic-14	140	17	420	84	142	17	6,40	1,28	33,00	7,26

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh
MES			
ene-14	15198,00	18416,00	4501,00
feb-14	14633,00	22141,00	4034,00
mar-14	12413,00	9984,00	3497,00
abr-14	13015,00	9649,00	4350,00
may-14	11484,00	8189,00	4314,00
jun-14	14766,00	11198,00	3693,00
jul-14	15446,00	12337,00	4197,00
ago-14	13128,00	9978,00	4730,00
sept-14	8964,00	6522,00	3758,00
oct-14	8783,00	7399,00	3790,00
nov-14	13167,00	11696,00	2908,00
dic-14	12652,00	10449,00	3731,00

EDAR TORREMENGA 2015

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-15	90	5	220	12	80	4	1,58	0,92	20,00	6,00
feb-15	105	6	295	19	65	8	1,90	1,10	16,00	8,00
mar-15	102	9	196	15	55	9	1,85	0,98	12,00	5,00
abr-15	95	6	265	15	78	5	2,20	0,95	21,00	2,00
may-15	105	7	305	16	95	8	2,10	0,80	30,00	3,00
jun-15	82	9	251	12	65	9	1,95	1,10	18,00	5,00
jul-15	95	6	265	15	78	5	2,20	0,95	21,00	2,00
ago-15	105	7	305	16	95	8	2,10	0,80	30,00	3,00
sept-15	82	9	251	12	65	9	1,95	1,10	18,00	5,00
oct-15	85	7	290	12	75	6	1,95	0,85	20,00	6,00
nov-15	90	8	280	10	82	7	1,90	0,90	25,00	7,00
dic-15	102	6	260	15	71	9	1,85	1,05	22,00	6,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh
MES			
ene-15	11438,00	9275,00	3420,00
feb-15	10914,00	8625,00	3250,00
mar-15	12459,00	9403,00	4850,00
abr-15	11397,00	9495,00	8625,00
may-15	9003,00	6938,00	8405,00
jun-15	8599,00	7330,00	8250,00
jul-15	9010,00	7379,00	4957,00
ago-15	9155,00	6823,00	4762,00
sept-15	5628,00	3803,00	3905,00
oct-15	11648,00	9878,00	3568,00
nov-15	14501,00	13961,00	2920,00
dic-15	13492,00	10945,00	3437,00

EDAR TORREMENGA 2016

	DBO_5 (mg/l)		DQO (mg/l)		SS (mg/l)		P (mg/l)		N (mg/l)	
MES	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}	c_{raw}	c_{ef}
ene-16	85	6	215	15	70	8	1,2	0,858	15	8
feb-16	95	7	240	18	60	10	1,3	1,01	18	9
mar-16	105	9	265	10	85	12	1,65	0,85	10	7,5
abr-16	80	7,00	192	12	75	6	2,05	1	25	4,00
may-16	92	6,00	225	15	90	9,00	1,98	0,92	27	4,50
jun-16	101	8,00	254	14	85	8,00	1,94	0,90	21	65,00
jul-16	98	7,00	235	12	96	7,00	2,05	0,91	22	7,00
ago-16	110	6,00	259	15	105	9,00	2,12	0,81	25	6,00
sept-16	95	8,00	201	18	105	6,00	1,98	0,86	28	5,00
oct-16	105	8,00	257	15	92	9,00	2,05	0,65	18	9,00
nov-16	95	7,00	219	13	102	11,00	1,85	0,75	22	8,00
dic-16	102	9,00	255	12	105	10,00	1,92	0,90	21	10,00

	Vol entrada m^3/mes	Vol salida m^3/mes	CONSUMO ELECTRICO kWh
MES			
ene-16	17480,54	20255,68	3116,21
feb-16	17220,48	15399,71	3038,98
mar-16	17387,14	13903,76	3185,92
abr-16	22015,88	20557,96	3115,43
may-16	19593,97	18772,34	3722,61
jun-16	14362,48	10612,57	3365,41
jul-16	12373,06	9335,83	3705,17
ago-16	11337,49	8182,70	5384,25
sept-16	11081,27	8172,32	3924,79
oct-16	12959,50	11160,06	3828,86
nov-16	14963,90	13616,45	3420,28
dic-16	15440,06	12848,08	3337,08

ANEJO C

ANEJO DE RESULTADOS MENSUALES DE LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

-1cm-2cm

EDAR CUACOS DE YUSTE 2013

Huella Hídrica Gris

	Vol entrada m^3/mes	c_{raw}		Vol salida m^3/mes	c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$ m^3/mes		WF_{GreyEf} m^3/mes	
MES		DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)		DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-13	53.842,00	384,00	780,00	70.009,00	23,20	50,90	840.403,39	335.871,52	5.944,16	167.885,66
feb-13	52.990,00	315,00	1.284,00	67.694,00	18,20	72,25	668.134,78	584.908,67	28.414,77	68.341,79
mar-13	76.025,00	245,00	684,00	76.025,00	15,20	45,50	727.195,65	404.742,62	56.442,80	237.019,12
abr-13	75.203,00	287,00	1.248,00	75.203,00	14,20	76,60	856.660,26	804.313,99	66.573,15	64.307,87
may-13	58.564,00	308,00	1.350,00	58.564,00	18,10	85,70	720.591,83	683.246,67	25.098,86	35.031,43
jun-13	47.898,00	384,00	1.584,00	47.898,00	19,20	55,24	747.625,30	665.554,11	16.151,65	94.817,38
jul-13	52.673,00	354,00	954,00	52.673,00	21,20	61,20	753.452,91	415.865,88	10.424,86	81.566,44
ago-13	47.920,00	498,00	624,00	47.920,00	5,00	32,20	985.485,22	227.734,10	319.466,67	364.506,23
sept-13	39.069,00	482,00	854,00	39.069,00	5,00	25,20	776.284,04	271.250,49	260.460,00	749.824,27
oct-13	44.812,00	484,00	784,00	44.812,00	12,20	21,30	894.291,65	281.248,65	56.234,67	3.574.618,77
nov-13	34.908,00	451,00	687,00	34.908,00	7,20	11,28	646.556,87	186.840,91	119.492,77	-455.245,16
dic-13	49.484,00	354,00	654,00	49.484,00	18,20	42,25	707.836,35	249.305,10	20.771,06	184.036,00
PROMEDIO							7,77E+05	4,26E+05	8,21E+04	4,31E+05
TOTAL							9,32E+06	5,11E+06	9,85E+05	5,17E+06

	ΔWF_{Grey} m^3/mes		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$ m^3/mes	WF_{GreyEf} m^3/mes	ΔWF_{Grey} m^3/mes
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-13	916.329,89	1.270.427,26	787,00	57,53	1.226.944,97	-28.404,52	707.295,58
feb-13	970.829,14	1.228.911,63	654,00	45,72	993.963,94	-16.598,35	737.254,28
mar-13	1.323.526,14	1.903.606,37	487,00	36,56	1.041.312,12	-3.431,68	990.876,77
abr-13	1.681.588,39	1.556.409,79	424,00	25,00	886.483,85	30.943,24	1.282.182,20
may-13	1.054.515,75	1.126.978,16	687,00	38,85	1.157.082,67	-6.118,63	1.030.074,81
jun-13	1.015.883,16	2.077.881,57	745,00	25,07	1.030.532,73	20.616,69	1.494.720,73
jul-13	912.998,67	1.141.418,80	657,00	17,61	992.806,24	58.679,27	2.157.500,93
ago-13	7.874.853,33	2.324.512,79	687,00	12,25	946.783,03	106.359,02	3.154.538,54
sept-13	6.211.971,00	6.226.997,54	574,00	6,87	638.127,00	225.669,60	4.549.733,46
oct-13	2.072.774,67	26.290.855,69	789,00	24,06	1.023.886,30	22.223,18	1.553.875,40
nov-13	2.979.263,54	-2.705.049,74	447,00	8,63	435.821,09	138.842,23	2.308.087,48
dic-13	1.025.723,90	1.360.532,00	487,00	30,30	677.780,85	8.218,19	798.563,35
PROMEDIO	2,34E+06	3,65E+06			9,21E+05	4,64E+04	1,73E+06
TOTAL	2,80E+07	4,38E+07			1,11E+07	5,57E+05	2,08E+07

Huella Hídrica Gris

	Vol entrada m^3/mes	c_{raw} mg/l		Vol salida m^3/mes	c_{ef} mg/l		$WF_{GreyRaw}$ m^3/mes		WF_{GreyEf} m^3/mes	
MES		N	P		N	P	N	P	N	P
ene-13	53.842,00	121,00	18,20	70.009,00	16,25	4,55	439.019,38	447.302,77	-6.141,14	-39.671,77
feb-13	52.990,00	145,00	21,20	67.694,00	18,21	5,30	529.900,00	521.747,69	-13.405,17	-42.550,51
mar-13	76.025,00	65,00	23,20	76.025,00	8,45	2,80	292.403,85	826.528,21	77.203,68	-22.116,36
abr-13	75.203,00	58,00	16,50	75.203,00	13,00	4,00	248.748,38	559.201,79	17.552,12	-39.348,27
may-13	58.564,00	67,00	12,30	58.564,00	16,25	2,21	234.256,00	309.338,05	-5.137,19	-5.693,72
jun-13	47.898,00	118,00	14,60	47.898,00	18,25	1,25	379.499,54	309.494,77	-9.579,60	29.936,25
jul-13	52.673,00	143,00	41,20	52.673,00	21,35	6,24	518.626,46	1.058.862,36	-17.285,45	-36.079,73
ago-13	47.920,00	12,00	12,20	47.920,00	12,48	3,21	-11.058,46	250.658,46	11.522,75	-18.349,11
sept-13	39.069,00	56,00	6,50	39.069,00	13,21	1,58	123.217,62	90.159,23	6.238,49	10.724,82
oct-13	44.812,00	54,00	6,80	44.812,00	14,58	2,58	134.436,00	110.306,46	1.496,11	-10.273,11
nov-13	34.908,00	64,00	6,80	34.908,00	15,48	3,25	131.576,31	85.927,38	-1.243,01	-13.635,94
dic-13	49.484,00	78,00	9,20	49.484,00	16,87	4,25	239.807,08	182.710,15	-6.222,94	-26.509,29
PROMEDIO							2,72E+05	3,96E+05	4,58E+03	-1,78E+04
TOTAL							3,26E+06	4,75E+06	5,50E+04	-2,14E+05

	ΔWF_{Grey} m^3/mes	
MES	N	P
ene-13	395.785,93	163.320,73
feb-13	414.472,68	160.484,00
mar-13	666.544,77	563.967,27
abr-13	324.357,53	227.263,83
may-13	208.570,04	273.569,80
jun-13	294.020,03	532.865,25
jul-13	331.145,76	297.487,57
ago-13	-2.194,81	136.329,37
sept-13	149.131,36	125.633,65
oct-13	140.420,43	74.745,71
nov-13	125.648,08	38.726,06
dic-13	203.426,83	58.320,43
PROMEDIO	2,71E+05	2,21E+05
TOTAL	3,25E+06	2,65E+06

Huella Hídirca Azul

	Cons.Total	ELECTRICIDAD	FANGOS Vol	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-13	18.697,00	53.847,36	0	0
feb-13	17.017,00	49.008,96	0	0
mar-13	19.602,00	56.453,76	29,00	25,23
abr-13	23.052,00	66.389,76	29,00	25,23
may-13	18.818,00	54.195,84	43,50	37,845
jun-13	19.574,00	56.373,12	43,50	37,845
jul-13	22.990,00	66.211,20	43,50	37,845
ago-13	28.629,00	82.451,52	58,00	50,46
sept-13	26.100,00	75.168,00	58,00	50,46
oct-13	26.739,00	77.008,32	29,00	25,23
nov-13	21.129,00	60.851,52	14,50	12,615
dic-13	22.390,00	64.483,20	0,00	0
TOTAL	264.737,00	762.442,56	348,0	302,8

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-13	53.847,36	0,00	20,37	53.867,73
feb-13	49.008,96	0,00	29,07	49.038,03
mar-13	56.453,76	25,23	48,34	56.527,33
abr-13	66.389,76	25,23	57,62	66.472,61
may-13	54.195,84	37,85	82,29	54.315,97
jun-13	56.373,12	37,85	141,58	56.552,55
jul-13	66.211,20	37,85	193,13	66.442,17
ago-13	82.451,52	50,46	183,19	82.685,17
sept-13	75.168,00	50,46	123,64	75.342,10
oct-13	77.008,32	25,23	60,40	77.093,95
nov-13	60.851,52	12,62	29,71	60.893,84
dic-13	64.483,20	0,00	20,37	64.503,57
PROMEDIO	6,35E+04	2,52E+01	8,25E+01	6,36E+04
TOTAL	7,62E+05	3,03E+02	9,90E+02	7,64E+05

-1cm-2cm

EDAR CUACOS DE YUSTE 2014

Huella Hídrica Gris

	Vol entrada m^3/mes	c_{raw}		Vol salida m^3/mes	c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$ m^3/mes		WF_{GreyEf} m^3/mes	
MES		DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)		DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-14	82.238,00	193,50	387,00	73.838,00	7,00	14,00	602.482,74	205.203,39	265.816,80	-1.366.003,00
feb-14	74.701,00	178,00	356,00	74.468,00	9,00	18,00	496.924,04	164.342,20	170.212,57	-3.984.038,00
mar-14	74.244,00	202,50	405,00	59.772,00	13,50	27,00	572.970,00	197.984,00	59.772,00	836.808,00
abr-14	71.292,00	215,50	431,00	56.774,00	9,00	18,00	590.483,74	207.765,26	129.769,14	-3.037.409,00
may-14	60.515,00	184,50	369,00	42.534,00	13,50	27,00	419.658,37	140.625,33	42.534,00	595.476,00
jun-14	56.335,00	154,00	308,00	38.071,00	16,00	32,00	315.965,87	98.183,86	24.474,21	295.050,25
jul-14	52.160,00	186,00	372,00	32.176,00	17,00	34,00	365.120,00	122.700,19	17.160,53	209.144,00
ago-14	51.555,00	185,50	371,00	34.375,00	10,50	21,00	359.764,24	120.786,00	58.639,71	3.575.000,00
sept-14	46.655,00	208,00	416,00	33.195,00	11,00	22,00	371.211,52	129.301,00	51.636,67	1.709.542,50
oct-14	58.577,00	178,00	356,00	42.417,00	16,00	32,00	389.664,39	128.869,40	27.268,07	328.731,75
nov-14	59.064,00	199,00	398,00	44.158,00	13,50	27,00	446.832,00	153.566,40	44.158,00	618.212,00
dic-14	63.541,00	181,50	363,00	47.681,00	12,50	25,00	432.355,07	144.026,27	56.763,10	953.620,00
PROMEDIO	62.573,08	188,83	377,67	48.288,25	12,38	24,75	4,47E+05	1,51E+05	7,90E+04	6,12E+04
ANUAL	750.877,00						5,36E+06	1,81E+06	9,48E+05	7,34E+05

	ΔWF_{Grey} m^3/mes		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$ m^3/mes	WF_{GreyEf} m^3/mes	ΔWF_{Grey} m^3/mes
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-14	3.067.477,40	-5.112.462,33	189,50	10,50	385.023,36	212.827,18	1.731.835,53
feb-14	1.803.495,57	-12.624.469,00	143,50	23,50	245.607,83	39.831,72	416.935,81
mar-14	1.220.184,00	4.009.176,00	148,50	30,00	255.354,36	10.673,57	314.211,21
abr-14	2.103.114,00	-14.721.798,00	138,50	15,00	223.597,64	87.344,62	677.274,00
may-14	899.831,74	2.956.590,00	152,50	23,00	215.470,08	24.305,14	373.175,83
jun-14	555.302,14	1.295.705,00	188,00	13,50	261.189,55	71.176,22	854.822,39
jul-14	587.669,33	1.259.291,43	156,00	17,00	191.253,33	38.611,20	483.349,33
ago-14	1.061.426,47	18.044.250,00	134,00	28,00	154.665,00	9.254,81	210.185,77
sept-14	1.021.226,11	9.191.035,00	168,00	17,00	188.033,79	39.834,00	469.660,33
oct-14	677.819,57	1.581.579,00	145,00	10,50	195.256,67	122.260,76	926.894,88
nov-14	952.728,00	3.130.392,00	138,00	12,50	184.351,27	94.624,29	705.955,43
dic-14	1.022.707,52	4.295.371,60	150,50	18,00	222.393,50	50.661,06	526.198,91
PROMEDIO	1,25E+06	1,11E+06			2,27E+05	6,68E+04	6,41E+05
ANUAL	1,50E+07	1,33E+07			2,72E+06	8,01E+05	7,69E+06

Huella Hídrica Gris

	Vol entrada m^3/mes	c_{raw} mg/l		Vol salida m^3/mes	c_{ef} mg/l		$WF_{GreyRaw}$ m^3/mes		WF_{GreyEf} m^3/mes	
MES		N	P		N	P	N	P	N	P
ene-14	8.238,00	48,00	3,74	73.838,00	10,00	0,15	20.911,85	7.329,71	46.148,75	1.441.784,11
feb-14	74.701,00	51,50	6,37	74.468,00	9,50	1,30	209.737,42	167.215,32	54.609,87	42.168,63
mar-14	74.244,00	44,50	3,76	59.772,00	7,00	0,66	168.476,77	66.819,60	95.635,20	131.302,43
abr-14	71.292,00	37,50	2,16	56.774,00	9,00	0,69	123.390,00	5.666,80	48.663,43	117.571,35
may-14	60.515,00	54,00	6,01	42.534,00	9,50	1,48	181.545,00	124.443,67	31.191,60	15.670,42
jun-14	56.335,00	63,00	3,72	38.071,00	11,00	1,21	208.006,15	49.545,91	16.920,44	25.927,66
jul-14	52.160,00	73,00	2,73	32.176,00	5,50	0,90	232.713,85	19.526,56	87.334,86	41.639,53
ago-14	51.555,00	55,00	1,61	34.375,00	9,00	1,00	158.630,77	-10.311,00	29.464,29	36.184,21
sept-14	46.655,00	56,50	2,89	33.195,00	13,00	1,57	148.937,12	21.174,19	6.035,45	9.531,24
oct-14	58.577,00	45,00	4,52	42.417,00	12,50	1,64	135.177,69	75.699,51	10.099,29	9.767,95
nov-14	59.064,00	65,50	2,17	44.158,00	10,50	1,02	229.440,92	5.149,17	23.377,76	44.613,24
dic-14	63.541,00	58,50	4,54	47.681,00	8,00	0,13	212.617,96	82.603,30	55.627,83	1.114.543,38
PROMEDIO	56.406,42	54,33	3,68	48.288,25	9,54	0,98	1,69E+05	5,12E+04	4,21E+04	2,53E+05
ANUAL	676.877,00						2,03E+06	6,15E+05	5,05E+05	3,03E+06

	ΔWF_{Grey} m^3/mes	
MES	N	P
ene-14	39.130,50	311.309,68
feb-14	418.325,60	304.204,07
mar-14	556.830,00	376.697,02
abr-14	290.260,29	165.038,17
may-14	359.055,67	192.586,33
jun-14	325.491,11	121.654,46
jul-14	1.005.942,86	112.297,41
ago-14	338.790,00	33.103,74
sept-14	184.499,32	40.649,90
oct-14	181.309,76	106.621,23
nov-14	382.178,82	70.024,33
dic-14	534.803,42	3.498.726,31
PROMEDIO	3,85E+05	4,44E+05
ANUAL	4,62E+06	5,33E+06

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol.agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-14	17.059,00	49.129,92	16,79	14,61
feb-14	15.682,00	45.164,16	2,72	2,37
mar-14	18.110,00	52.156,80	13,98	12,16
abr-14	15.761,00	45.391,68	32,45	28,23
may-14	23.504,00	67.691,52	37,88	32,96
jun-14	18.959,00	54.601,92	46,58	40,52
jul-14	22.440,00	64.627,20	39,76	34,59
ago-14	23.521,00	67.740,48	26,06	22,67
sept-14	17.618,00	50.739,84	29,03	25,26
oct-14	17.292,00	49.800,96	27,80	24,19
nov-14	16.773,00	48.306,24	21,86	19,02
dic-14	21.014,00	60.520,32	27,61	24,02
TOTAL	227.733,00	655.871,04	322,52	280,59

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-14	49.129,92	14,61	20,37	49.164,90
feb-14	45.164,16	2,37	29,07	45.195,59
mar-14	52.156,80	12,16	48,34	52.217,30
abr-14	45.391,68	28,23	57,62	45.477,53
may-14	67.691,52	32,96	82,29	67.806,76
jun-14	54.601,92	40,52	141,58	54.784,03
jul-14	64.627,20	34,59	193,13	64.854,92
ago-14	67.740,48	22,67	183,19	67.946,35
sept-14	50.739,84	25,26	123,64	50.888,73
oct-14	49.800,96	24,19	60,40	49.885,54
nov-14	48.306,24	19,02	29,71	48.354,96
dic-14	60.520,32	24,02	20,37	60.564,71
PROMEDIO	5,47E+04	2,34E+01	8,25E+01	5,48E+04
AÑO	6,56E+05	2,81E+02	9,90E+02	6,57E+05

-1cm-2cm

EDAR CUACOS DE YUSTE 2015

Huella Hídrica Gris

	Vol entrada m^3/mes	c_{raw}		Vol salida m^3/mes	c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$ m^3/mes		WF_{GreyEf} m^3/mes	
MES		DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)		DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-15	60.548,00	423,00	860,00	44.288,00	12,00	24,00	1.047.743,65	423.836,00	57.574,40	1.118.272,00
feb-15	47.774,00	347,00	1.416,00	33.178,00	5,00	5,00	668.836,00	587.392,70	221.186,67	-265.424,00
mar-15	50.032,00	270,00	754,00	33.509,00	5,00	5,00	532.949,57	299.715,50	223.393,33	-268.072,00
abr-15	53.534,00	316,00	1.376,00	36.290,00	8,00	32,00	677.321,48	637.819,37	102.821,67	281.247,50
may-15	51.115,00	315,00	1.158,00	30.657,00	5,00	12,00	644.493,48	502.874,24	204.380,00	-433.030,13
jun-15	48.677,00	315,00	590,00	31.541,00	5,00	19,00	613.753,48	215.569,57	210.273,33	-3.343.346,00
jul-15	51.373,00	316,00	1.376,00	34.336,00	8,00	32,00	649.980,13	612.072,60	97.285,33	266.104,00
ago-15	47.339,00	315,00	1.158,00	32.924,00	5,00	12,00	596.883,04	465.725,59	219.493,33	-465.051,50
sept-15	54.875,00	315,00	590,00	33.600,00	5,00	19,00	691.902,17	243.017,86	224.000,00	-3.561.600,00
oct-15	54.875,00	315,00	520,00	52.510,00	7,00	35,00	691.902,17	206.434,52	189.036,00	315.060,00
nov-15	56.610,00	290,00	450,00	48.829,00	6,00	25,00	652.245,65	175.221,43	231.937,75	976.580,00
dic-15	52.471,00	280,00	480,00	42.807,00	5,00	28,00	581.743,70	177.401,95	285.380,00	519.034,88
PROMEDIO	52.435,25	318,08	894,00	37.872,42	6,33	20,67	6,71E+05	3,79E+05	1,89E+05	-4,05E+05
ANUAL	629.223,00						8,05E+06	4,55E+06	2,27E+06	-4,86E+06

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-15	2.488.522,80	12.654.532,00	868,00	21,00	1.528.378,30	32.633,26	2.699.166,11
feb-15	5.446.236,00	-4.493.940,93	721,00	21,00	993.120,12	24.446,95	1.760.094,74
mar-15	4.419.493,33	-2.498.264,53	537,00	24,00	761.092,85	16.754,50	1.166.655,27
abr-15	2.748.078,67	5.995.808,00	467,00	21,00	700.808,73	26.740,00	1.256.640,21
may-15	5.281.883,33	-7.322.223,75	652,00	18,00	955.695,61	32.573,06	2.025.431,88
jun-15	5.029.956,67	-27.794.567,00	100,00	5,00	95.878,94	315.410,00	1.541.438,33
jul-15	2.637.147,33	5.753.776,00	467,00	21,00	672.519,27	25.300,21	1.205.913,58
ago-15	4.891.696,67	-6.781.311,75	652,00	18,00	885.095,85	34.981,75	1.875.807,88
sept-15	5.670.416,67	-31.333.625,00	100,00	5,00	108.087,12	336.000,00	1.737.708,33
oct-15	3.380.300,00	1.774.291,67	280,00	20,00	407.405,30	43.758,33	792.638,89
nov-15	4.019.310,00	4.811.850,00	250,00	15,00	368.822,73	75.121,54	1.023.334,62
dic-15	4.809.841,67	2.964.611,50	210,00	6,00	278.255,30	310.350,75	2.676.021,00
PROMEDIO	4,24E+06	-3,86E+06			6,46E+05	1,06E+05	1,65E+06
ANUAL	5,08E+07	-4,63E+07			7,76E+06	1,27E+06	1,98E+07

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-15	60.548,00	42,00	4,85	44.288,00	12,00	0,30	125.753,54	88.493,23	13.286,40	301.158,40
feb-15	47.774,00	45,00	5,25	33.178,00	8,00	1,20	110.247,69	79.623,33	38.707,67	23.080,35
mar-15	50.032,00	52,00	4,58	33.509,00	6,00	1,00	142.398,77	66.196,18	75.395,25	35.272,63
abr-15	53.534,00	43,00	4,75	36.290,00	13,00	0,30	115.304,00	75.496,67	6.598,18	246.772,00
may-15	51.115,00	42,00	4,85	30.657,00	6,00	1,15	106.161,92	74.706,54	68.978,25	23.689,50
jun-15	48.677,00	83,00	6,59	31.541,00	14,00	0,28	254.618,15	114.578,17	2.628,42	235.871,83
jul-15	51.373,00	43,00	4,75	34.336,00	12,50	0,30	110.649,54	72.449,10	8.175,24	233.484,80
ago-15	47.339,00	42,00	4,85	32.924,00	6,00	1,15	98.319,46	69.187,77	74.079,00	25.441,27
sept-15	54.875,00	83,00	6,59	33.600,00	14,00	0,28	287.038,46	129.167,31	2.800,00	251.269,57
oct-15	54.875,00	51,00	3,25	52.510,00	8,00	0,50	151.961,54	35.176,28	61.261,67	175.033,33
nov-15	56.610,00	40,00	4,10	48.829,00	10,00	1,05	108.865,38	60.964,62	30.518,13	46.387,55
dic-15	52.471,00	33,00	3,85	42.807,00	7,00	0,95	72.652,15	49.780,18	68.491,20	49.941,50
PROMEDIO	52.435,25	49,92	4,86	37.872,42	9,71	0,71	1,40E+05	7,63E+04	3,76E+04	1,37E+05
ANUAL	629.223,00						1,68E+06	9,16E+05	4,51E+05	1,65E+06

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-15	181.644,00	1.101.973,60
feb-15	294.606,33	168.247,57
mar-15	575.368,00	188.541,64
abr-15	146.001,82	952.905,20
may-15	460.035,00	171.932,27
jun-15	279.892,75	1.335.442,91
jul-15	149.226,33	914.439,40
ago-15	426.051,00	159.231,18
sept-15	315.531,25	1.505.483,70
oct-15	393.270,83	335.347,22
nov-15	212.287,50	172.660,50
dic-15	272.849,20	169.073,22
PROMEDIO	3,09E+05	5,98E+05
ANUAL	3,71E+06	7,18E+06

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-15	17.584,00	50.641,92	16,79	14,61
feb-15	20.268,00	58.371,84	2,72	2,37
mar-15	20.448,00	58.890,24	13,98	12,16
abr-15	18.690,00	53.827,20	32,45	28,23
may-15	19.072,00	54.927,36	37,88	32,96
jun-15	20.908,00	60.215,04	46,58	40,52
jul-15	27.880,00	80.294,40	39,76	34,59
ago-15	27.635,00	79.588,80	26,06	22,67
sept-15	18.052,00	51.989,76	29,03	25,26
oct-15	19.193,00	55.275,84	27,80	24,19
nov-15	22.218,00	63.987,84	21,86	19,02
dic-15	23.485,00	67.636,80	27,61	24,02
TOTAL	255.433,00	735.647,04	322,52	280,59

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-15	50.641,92	11,37	20,37	50.673,66
feb-15	58.371,84	10,96	29,07	58.411,87
mar-15	58.890,24	16,30	48,34	58.954,89
abr-15	53.827,20	27,72	57,62	53.912,54
may-15	54.927,36	29,48	82,29	55.039,13
jun-15	60.215,04	30,75	141,58	60.387,37
jul-15	80.294,40	33,50	193,13	80.521,03
ago-15	79.588,80	25,68	183,19	79.797,68
sept-15	51.989,76	47,94	123,64	52.161,33
oct-15	55.275,84	39,15	60,40	55.375,39
nov-15	63.987,84	22,08	29,71	64.039,63
dic-15	67.636,80	7,17	20,37	67.664,34
PROMEDIO	6,13E+04	2,52E+01	8,25E+01	6,14E+04
AÑO	7,36E+05	3,02E+02	9,90E+02	7,37E+05

-1cm-2cm

EDAR CUACOS DE YUSTE 2016

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-16	75.754,85	98,00	210,00	87.093,26	10,00	32,00	240.439,32	61.325,36	163.299,86	674.972,77
feb-16	65.108,07	85,00	214,00	55.989,74	8,00	15,00	169.847,14	55.186,84	158.637,60	-1.231.774,34
mar-16	68.876,23	117,00	215,00	54.116,28	5,00	18,00	275.504,93	59.036,77	360.775,19	-2.895.220,88
abr-16	72.395,50	115,00	186,00	63.810,11	8,00	16,00	283.286,74	42.058,34	180.795,30	-1.738.825,43
may-16	79.573,31	146,00	198,00	84.583,29	9,00	17,20	418.624,81	55.322,40	193.333,24	-3.256.456,83
jun-16	64.787,53	150,00	210,00	42.010,67	6,00	15,00	352.106,13	52.447,05	199.550,67	-924.234,70
jul-16	61.424,98	125,00	258,00	42.344,54	8,00	22,00	267.065,12	77.804,97	119.976,20	2.180.743,93
ago-16	65.373,68	141,00	305,00	43.121,21	9,00	25,00	329.710,76	112.069,17	98.562,77	862.424,22
sept-16	52.319,13	152,00	298,00	34.417,76	7,00	30,00	288.892,58	86.201,99	123.903,92	326.968,68
oct-16	53.109,79	185,00	481,00	48.434,60	9,20	30,00	369.459,41	180.067,48	106.287,03	460.128,68
nov-16	56.663,18	205,00	502,00	63.319,54	7,50	28,00	443.450,94	203.447,78	201.471,25	767.749,36
dic-16	60.099,65	220,00	539,00	55.654,48	6,50	32,00	509.540,49	236.964,32	228.801,76	431.322,23
PROMEDIO	65.035,11	138,09	279,73	56294,64	7,88	22,56	3,13E+05	8,95E+04	1,73E+05	-4,34E+05
ANUAL	715.386,25						3,44E+06	9,85E+05	1,91E+06	-4,77E+06

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-16	833.303,40	1.123.697,01	45,00	18,00	22.956,02	92.536,59	127.836,32
feb-16	835.553,56	-2.591.301,16	56,00	22,00	41.432,41	36.393,33	110.683,72
mar-16	2.571.379,32	-6.784.308,82	55,00	21,00	41.743,17	39.875,15	123.252,20
abr-16	1.291.053,07	-3.076.808,72	70,00	20,00	76.783,11	53.175,09	201.098,61
may-16	1.557.363,39	-5.138.162,42	66,00	15,00	74.750,69	130.128,15	312.172,22
jun-16	2.332.351,02	-2.526.713,60	68,00	20,00	64.787,53	35.008,89	172.766,74
jul-16	1.197.787,08	7.248.147,43	91,00	25,00	104.236,33	18.410,67	176.262,98
ago-16	1.232.760,91	3.660.926,34	95,00	21,00	118.861,24	31.773,52	254.613,30
sept-16	1.517.254,73	1.402.152,65	102,00	15,00	106.223,69	52.950,39	350.135,71
oct-16	1.296.764,04	2.395.251,53	105,00	20,00	112.657,13	40.362,16	250.796,23
nov-16	2.034.723,11	3.357.293,13	110,00	25,00	128.779,94	27.530,23	209.407,39
dic-16	2.851.394,38	2.539.210,10	108,00	19,00	132.947,70	52.380,69	314.639,33
PROMEDIO	1,52E+06	-8,45E+04			8,12E+04	5,07E+04	2,08E+05
ANUAL	1,67E+07	-9,30E+05			8,93E+05	5,58E+05	2,29E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-16	75.754,85	34,60	1,90	87.093,26	13,00	0,15	114.215,01	-3.884,86	15.835,14	1.611.225,33
feb-16	65.108,07	38,00	1,40	55.989,74	10,00	0,20	115.191,20	-20.033,25	34.993,59	671.876,91
mar-16	68.876,23	49,00	1,80	54.116,28	9,00	0,60	180.137,84	-7.064,23	46.385,38	137.750,53
abr-16	72.395,50	45,00	2,10	63.810,11	10,00	0,25	167.066,54	3.712,59	39.881,32	558.338,44
may-16	79.573,31	48,50	2,43	84.583,29	9,00	0,40	205.054,30	17.546,94	72.499,97	386.666,49
jun-16	64.787,53	48,00	2,10	42.010,67	8,00	0,50	164.460,65	3.322,44	49.012,45	140.035,56
jul-16	61.424,98	38,00	2,85	42.344,54	12,00	0,55	108.674,96	26.774,99	12.703,36	122.799,17
ago-16	65.373,68	41,00	2,60	43.121,21	8,00	0,60	130.747,37	20.114,98	50.308,08	109.763,08
sept-16	52.319,13	45,00	2,10	34.417,76	10,00	0,71	120.736,45	2.683,03	21.511,10	67.271,07
oct-16	53.109,79	48,00	2,67	48.434,60	9,20	0,65	134.817,16	18.247,98	39.016,76	108.977,85
nov-16	56.663,18	55,00	2,80	63.319,54	10,10	0,80	174.348,23	23.246,43	38.304,41	101.311,26
dic-16	60.099,65	51,00	2,90	55.654,48	10,50	0,92	166.429,79	27.738,30	29.464,14	69.088,32
PROMEDIO	64.623,82	45,09	2,30	56.241,29	9,90	0,53	1,48E+05	9,37E+03	3,75E+04	3,40E+05
ANUAL	775.485,90						1,78E+06	1,12E+05	4,50E+05	4,09E+06

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-16	125.869,60	67.985,13
feb-16	140.232,77	40.066,50
mar-16	211.926,87	42.385,37
abr-16	194.910,96	68.682,91
may-16	241.780,45	82.837,86
jun-16	199.346,24	53.159,00
jul-16	122.849,96	72.449,97
ago-16	165.948,58	67.049,93
sept-16	140.859,19	37.294,15
oct-16	158.512,30	55.016,30
nov-16	195.705,89	58.116,08
dic-16	187.233,52	61.024,26
PROMEDIO	1,74E+05	5,88E+04
ANUAL	2,09E+06	7,06E+05

Huella Hídrica Azul

ELECTRICIDAD			FANGOS	
	Cons.Total	WF_{blue}	Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-16	19.557,00	56.324,16	13,07	11,37
feb-16	18.247,40	52.552,50	12,60	10,96
mar-16	21.138,28	60.878,23	18,74	16,30
abr-16	19.245,75	55.427,76	31,86	27,72
may-16	18.689,60	53.826,06	33,89	29,48
jun-16	21.292,34	61.321,93	35,34	30,75
jul-16	21.892,92	63.051,61	38,51	33,50
ago-16	26.809,15	77.210,35	29,52	25,68
sept-16	22.076,90	63.581,48	55,10	47,94
oct-16	21.513,02	61.957,50	45,00	39,15
nov-16	26.438,13	76.141,81	25,38	22,08
dic-16	23.031,53	66.330,81	8,24	7,17
TOTAL	259.932,02	748.604,20	322,52	302,1

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-16	56.324,16	15,02	20,37	56.359,55
feb-16	52.552,50	26,98	29,07	52.608,55
mar-16	60.878,23	21,72	48,34	60.948,29
abr-16	55.427,76	25,78	57,62	55.511,17
may-16	53.826,06	39,20	82,29	53.947,55
jun-16	61.321,93	60,58	141,58	61.524,10
jul-16	63.051,61	114,47	193,13	63.359,21
ago-16	77.210,35	42,12	183,19	77.435,67
sept-16	63.581,48	35,09	123,64	63.740,20
oct-16	61.957,50	27,30	60,40	62.045,20
nov-16	76.141,81	38,66	29,71	76.210,18
dic-16	66.330,81	35,26	20,37	66.386,44
PROMEDIO	6,24E+04	4,02E+01	8,25E+01	6,25E+04
AÑO	7,49E+05	4,82E+02	9,90E+02	7,50E+05

-1cm-2cm

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2013

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-13	65.359,00	135,00	224,00	6.786,66	13,00	29,00	312.586,52	61.624,20	7.403,63	72.391,04
feb-13	58.186,00	82,00	452,00	87.394,00	10,00	42,00	144.200,09	181.207,83	163.863,75	329.713,73
mar-13	39.274,00	83,00	207,00	13.586,00	8,00	24,00	99.038,78	30.671,12	38.493,67	343.046,50
abr-13	60.482,00	79,00	392,00	83.347,00	8,00	39,00	142.001,22	153.797,09	236.149,83	377.254,84
may-13	52.089,00	92,00	350,00	47.350,00	9,00	47,00	151.737,52	111.619,29	108.228,57	136.788,89
jun-13	40.550,00	111,00	433,00	37.877,00	10,00	32,00	151.621,74	118.946,67	71.019,38	293.546,75
jul-13	29.563,00	108,00	249,00	28.453,00	12,00	25,00	106.683,87	34.912,50	36.988,90	569.060,00
ago-13	27.011,00	148,00	207,00	19.517,00	7,20	18,00	144.450,13	21.094,30	66.808,19	-1.044.159,50
sept-13	28.656,00	159,00	283,00	31.788,00	5,50	14,00	166.952,35	43.120,46	177.104,57	-588.078,00
oct-13	32.226,00	143,00	272,00	46.421,00	5,00	11,00	165.333,39	45.116,40	309.473,33	-587.999,33
nov-13	23.096,00	152,00	203,00	34.908,00	5,00	6,00	127.530,09	17.157,03	232.720,00	-296.718,00
dic-13	27.524,00	90,00	195,00	28.533,00	10,00	25,00	77.785,22	18.349,33	53.499,38	570.660,00
PROMEDIO	40.334,67	115,17	288,92	38.830,06	8,56	26,00	149.160,08	6,98E+04	1,25E+05	1,46E+04
ANUAL	484.016,00						1,79E+06	8,38E+05	1,50E+06	1,76E+05

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-13	724.890,73	1.416.111,67	249,00	31,00	423.843,21	936,09	491.319,38
feb-13	523.674,00	1.084.375,45	178,00	27,00	252.139,33	27.966,08	351.443,44
mar-13	490.925,00	1.796.785,50	150,00	21,00	136.863,94	10.010,74	266.649,79
abr-13	715.703,67	1.123.691,89	126,00	15,00	166.783,70	128.226,15	516.423,23
may-13	617.626,71	584.554,33	220,00	23,00	292.014,09	27.057,14	488.644,43
jun-13	511.943,75	1.355.045,83	214,00	13,00	219.953,03	75.754,00	740.959,09
jul-13	283.804,80	1.324.422,40	204,00	9,00	151.398,39	105.682,57	823.540,71
ago-13	731.374,77	-2.552.539,50	219,00	7,00	150.606,79	109.295,20	1.145.266,40
sept-13	1.256.770,29	-1.284.744,00	153,00	4,00	102.466,91	492.714,00	2.134.872,00
oct-13	1.482.396,00	-934.554,00	234,00	14,00	194.332,55	81.236,75	590.810,00
nov-13	1.131.704,00	-324.993,71	136,00	4,00	70.687,76	541.074,00	1.524.336,00
dic-13	275.240,00	935.816,00	149,00	18,00	95.082,91	30.316,31	225.352,75
PROMEDIO	7,29E+05	3,77E+05			1,88E+05	1,36E+05	7,75E+05
ANUAL	8,75E+06	4,52E+06			2,26E+06	1,63E+06	9,30E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-13	65.359,00	32,00	6,00	6.786,66	8,00	3,20	85.469,46	134.069,74	7.917,77	-2.585,39
feb-13	58.186,00	47,00	6,80	87.394,00	9,00	3,10	143.227,08	143.227,08	74.909,14	-31.519,15
mar-13	39.274,00	20,00	7,20	13.586,00	5,00	1,10	15.105,38	104.730,67	45.286,67	11.645,14
abr-13	60.482,00	20,00	4,20	83.347,00	7,00	2,05	23.262,31	68.236,10	133.355,20	-2.083,67
may-13	52.089,00	21,00	4,10	47.350,00	10,00	1,50	24.041,08	56.095,85	29.593,75	16.327,59
jun-13	40.550,00	35,00	2,20	37.877,00	10,00	0,87	62.384,62	4.158,97	23.673,13	52.196,35
jul-13	29.563,00	43,00	1,00	28.453,00	11,00	0,65	63.674,15	-15.160,51	12.645,78	64.019,25
ago-13	27.011,00	4,00	3,40	19.517,00	6,00	1,21	-22.855,46	19.392,51	43.913,25	13.291,75
sept-13	28.656,00	17,00	2,60	31.788,00	7,00	1,25	4.408,62	8.817,23	50.860,80	19.867,50
oct-13	32.226,00	14,00	1,20	46.421,00	8,00	1,54	-2.478,92	-13.220,92	54.157,83	14.331,32
nov-13	23.096,00	22,00	1,50	34.908,00	8,00	0,25	12.436,31	-5.922,05	40.726,00	305.445,00
dic-13	27.524,00	27,00	1,30	28.533,00	9,00	0,45	25.406,77	-9.880,41	24.456,86	110.565,38
PROMEDIO	40.334,67	25,17	3,46	38.830,06	8,17	1,43	3,62E+04	4,12E+04	4,51E+04	4,76E+04
ANUAL	484.016,00						4,34E+05	4,95E+05	5,41E+05	5,72E+05

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-13	261.436,00	58.096,89
feb-13	315.866,86	70.586,30
mar-13	196.370,00	228.163,24
abr-13	157.253,20	65.018,15
may-13	71.622,38	93.400,97
jun-13	126.718,75	65.770,12
jul-13	105.112,89	17.245,08
ago-13	-13.505,50	50.994,91
sept-13	57.312,00	32.238,00
oct-13	32.226,00	-7.353,58
nov-13	53.890,67	144.350,00
dic-13	70.776,00	58.488,50
PROMEDIO	1,20E+05	7,31E+04
ANUAL	1,44E+06	8,77E+05

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-13	6.143,00	17.691,84	14,5	12,615
feb-13	4.460,00	12.844,80	0	0
mar-13	6.325,00	18.216,00	0,00	0
abr-13	11.241,00	32.374,08	0,00	0
may-13	8.566,00	24.670,08	14,50	12,615
jun-13	7.864,00	22.648,32	14,50	12,615
jul-13	10.240,00	29.491,20	29,00	25,23
ago-13	11.452,00	32.981,76	14,50	12,615
sept-13	9.214,00	26.536,32	0,00	0
oct-13	7.846,00	22.596,48	14,50	12,615
nov-13	6.600,00	19.008,00	0,00	0
dic-13	7.584,00	21.841,92	0,00	0
TOTAL	97.535,00	280.900,80	101,5	88,305

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-13	17.691,84	12,62	17,14	17.721,60
feb-13	12.844,80	0,00	24,46	12.869,26
mar-13	18.216,00	0,00	40,67	18.256,67
abr-13	32.374,08	0,00	48,48	32.422,56
may-13	24.670,08	12,62	69,23	24.751,93
jun-13	22.648,32	12,62	119,13	22.780,06
jul-13	29.491,20	25,23	162,49	29.678,92
ago-13	32.981,76	12,62	154,14	33.148,51
sept-13	26.536,32	0,00	104,03	26.640,35
oct-13	22.596,48	12,62	50,82	22.659,91
nov-13	19.008,00	0,00	24,99	19.032,99
dic-13	21.841,92	0,00	17,14	21.859,06
PROMEDIO	2,34E+04	7,36E+00	6,94E+01	2,35E+04
ANUAL	2,81E+05	8,83E+01	8,33E+02	2,82E+05

-1cm-2cm

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2014

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-14	53.742,00	106,00	318,00	124.288,00	16,00	60,00	189.265,30	98.782,91	79.899,43	201.968,00
feb-14	28.206,00	93,00	279,00	78.048,00	10,00	42,00	83.391,65	41.368,80	146.340,00	294.453,82
mar-14	57.623,00	84,00	252,00	53.314,00	10,00	45,00	147.815,52	69.696,39	99.963,75	170.604,80
abr-14	58.591,00	88,00	264,00	54.897,00	11,00	48,00	160.488,39	77.563,32	85.395,33	150.966,75
may-14	36.972,00	96,00	288,00	34.314,00	12,00	58,00	114.130,96	57.394,63	44.608,20	60.501,00
jun-14	34.198,00	81,00	243,00	29.789,00	11,00	49,00	83.264,70	38.432,04	46.338,44	78.067,72
jul-14	29.658,00	88,00	264,00	26.855,00	13,00	29,00	81.237,13	39.261,54	29.296,36	286.453,33
ago-14	25.961,00	99,00	297,00	23.391,00	10,00	42,00	83.526,70	42.526,59	43.858,13	88.247,86
sept-14	32.915,00	110,00	330,00	35.039,00	15,00	56,00	121.642,39	64.262,62	26.953,08	67.158,08
oct-14	47.091,00	97,00	291,00	49.768,00	11,00	58,00	147.415,30	74.448,63	77.416,89	87.748,84
nov-14	54.444,00	94,00	282,00	59.244,00	9,00	48,00	163.332,00	81.406,74	135.414,86	162.921,00
dic-14	55.001,00	87,00	261,00	52.817,00	13,00	52,00	148.263,57	71.239,39	57.618,55	120.488,78
PROMEDIO	42.866,83	93,58	280,75	51.813,67	11,75	48,92	1,27E+05	6,30E+04	7,28E+04	1,47E+05
ANUAL	514.402,00						1,52E+06	7,56E+05	8,73E+05	1,77E+06

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-14	345.484,29	346.635,90	95,00	16,00	97.712,73	168.676,57	303.258,43
feb-14	292.637,25	303.855,55	116,00	17,00	69.232,91	93.657,60	186.159,60
mar-14	533.012,75	477.118,44	99,00	10,00	111.753,70	166.606,25	641.055,88
abr-14	501.278,56	451.987,71	109,00	16,00	131.385,88	74.503,07	389.211,64
may-14	310.564,80	223.777,89	81,00	15,00	51.536,73	52.790,77	187.704,00
jun-14	265.984,44	228.772,83	107,00	19,00	74.613,82	28.036,71	177.024,94
jul-14	202.213,64	774.403,33	99,00	15,00	57.518,55	41.315,38	191.636,31
ago-14	288.816,13	300.911,59	112,00	12,00	60.575,67	53.799,30	259.610,00
sept-14	240.532,69	250.519,72	82,00	14,00	46.878,94	61.318,25	186.518,33
oct-14	449.980,67	288.742,18	91,00	15,00	79.912,00	76.566,15	275.301,23
nov-14	661.105,71	454.996,29	106,00	15,00	117.137,09	91.144,62	381.108,00
dic-14	370.006,73	359.225,28	117,00	21,00	136.669,15	38.917,79	277.899,79
PROMEDIO	3,72E+05	3,72E+05			8,62E+04	7,89E+04	2,88E+05
ANUAL	4,46E+06	4,46E+06			1,03E+06	9,47E+05	3,46E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-14	53.742,00	30,00	4,10	124.288,00	3,60	0,66	62.010,00	57.876,00	885.552,00	273.026,10
feb-14	28.206,00	25,00	3,70	78.048,00	3,00	0,67	21.696,92	24.589,85	936.576,00	167.425,55
mar-14	57.623,00	27,00	6,20	53.314,00	3,51	1,18	53.190,46	124.111,08	405.680,70	38.688,04
abr-14	58.591,00	32,00	3,10	54.897,00	4,16	0,56	76.619,00	33.051,33	275.501,61	155.003,29
may-14	36.972,00	34,00	5,90	34.314,00	7,14	1,18	54.036,00	73.944,00	52.472,38	24.900,42
jun-14	34.198,00	28,00	3,30	29.789,00	7,00	0,63	34.198,00	22.798,67	47.662,40	70.363,67
jul-14	29.658,00	34,00	5,70	26.855,00	4,08	0,91	43.346,31	56.274,15	140.988,75	34.037,15
ago-14	25.961,00	34,00	6,40	23.391,00	7,14	1,15	37.943,00	58.578,67	35.769,12	18.074,86
sept-14	32.915,00	33,00	4,90	35.039,00	3,30	0,98	45.574,62	48.950,51	315.351,00	38.429,87
oct-14	47.091,00	27,00	4,30	49.768,00	4,59	0,65	43.468,62	55.543,23	200.032,77	111.978,00
nov-14	54.444,00	20,00	2,10	59.244,00	3,40	0,36	20.940,00	2.792,00	490.878,86	313.419,87
dic-14	55.001,00	24,00	6,60	52.817,00	4,56	0,99	38.077,62	129.745,95	215.394,33	56.750,18
PROMEDIO	42.866,83	29,00	4,69	51.813,67	4,62	0,83	4,43E+04	5,74E+04	3,33E+05	1,09E+05
ANUAL	514.402,00						5,31E+05	6,88E+05	4,00E+06	1,30E+06

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-14	109.137,60	94.806,40
feb-14	47.733,23	43.827,78
mar-14	104.120,33	148.342,29
abr-14	125.474,88	76.318,53
may-14	76.389,84	89.491,20
jun-14	55.242,92	46.824,95
jul-14	68.259,03	72.852,22
ago-14	53.639,42	69.895,00
sept-14	75.198,12	66.167,59
oct-14	81.177,64	88.144,69
nov-14	69.520,80	48.580,80
dic-14	82.247,65	158.233,65
PROMEDIO	7,90E+04	8,36E+04
ANUAL	9,48E+05	1,00E+06

Huella Hídrica Gris

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-14	6.121,00	17.628,48	0,39	0,34
feb-14	4.570,00	13.161,60	0,48	0,42
mar-14	7.328,00	21.104,64	21,90	19,05
abr-14	10.305,00	29.678,40	9,91	8,62
may-14	8.069,00	23.238,72	120,22	104,59
jun-14	7.870,00	22.665,60	84,00	73,08
jul-14	10.188,00	29.341,44	0,43	0,37
ago-14	11.593,00	33.387,84	125,27	108,98
sept-14	9.112,00	26.242,56	167,59	145,80
oct-14	7.566,00	21.790,08	172,22	149,83
nov-14	6.853,00	19.736,64	46,73	40,66
dic-14	11.156,00	32.129,28	20,39	17,74
TOTAL	100.731,00	290.105,28	769,53	669,49

Huella Hídrica Azul

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-14	17.628,48	0,34	17,14	17.645,96
feb-14	13.161,60	0,42	24,46	13.186,47
mar-14	21.104,64	19,05	40,67	21.164,37
abr-14	29.678,40	8,62	48,48	29.735,50
may-14	23.238,72	104,59	69,23	23.412,55
jun-14	22.665,60	73,08	119,13	22.857,81
jul-14	29.341,44	0,37	162,49	29.504,31
ago-14	33.387,84	108,98	154,14	33.650,96
sept-14	26.242,56	145,80	104,03	26.492,39
oct-14	21.790,08	149,83	50,82	21.990,73
nov-14	19.736,64	40,66	24,99	19.802,29
dic-14	32.129,28	17,74	17,14	32.164,16
PROMEDIO	24.175,44	55,79	69,39	24.300,62
ANUAL	314.280,72	725,28	902,12	315.908,12

-1cm-2cm

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2015

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-15	45.075,00	105,00	250,00	40.402,00	6,00	15,00	156.782,61	53.660,71	191.909,50	-888.844,00
feb-15	40.382,00	125,00	325,00	35.951,00	8,00	18,00	175.573,91	76.918,10	101.861,17	-1.923.378,50
mar-15	41.300,00	110,00	292,00	36.450,00	4,00	11,00	152.630,43	65.686,67	382.725,00	-461.700,00
abr-15	50.415,00	108,00	260,00	43.926,00	5,00	16,00	181.932,39	64.819,29	292.840,00	-1.196.983,50
may-15	42.414,00	115,00	315,00	36.129,00	6,00	17,00	165.967,83	76.749,14	171.612,75	-1.300.644,00
jun-15	24.573,00	110,00	285,00	21.382,00	5,00	14,00	90.813,26	37.444,57	142.546,67	-395.567,00
jul-15	22.539,00	108,00	260,00	19.971,00	5,00	16,00	81.336,39	28.978,71	133.140,00	-544.209,75
ago-15	22.607,00	135,00	315,00	21.677,00	6,00	17,00	108.120,43	40.907,90	102.965,75	-780.372,00
sept-15	20.709,00	110,00	285,00	20.957,00	5,00	14,00	76.533,26	31.556,57	139.713,33	-387.704,50
oct-15	33.318,00	110,00	251,00	38.379,00	6,00	15,00	123.131,74	39.981,60	182.300,25	-844.338,00
nov-15	29.056,00	125,00	280,00	43.185,00	7,00	18,00	126.330,43	42.892,19	155.466,00	-2.310.397,50
dic-15	25.641,00	105,00	290,00	30.687,00	6,00	15,00	89.186,09	40.293,00	145.763,25	-675.114,00
PROMEDIO	33.169,08	113,83	284,00	32.424,67	5,75	15,50	1,27E+05	5,00E+04	1,79E+05	-9,76E+05
ANUAL	398.029,00						1,53E+06	6,00E+05	2,14E+06	-1,17E+07

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-15	1.115.606,25	-2.118.525,00	85,00	2,00	68.295,45		
feb-15	787.449,00	-6.198.637,00	90,00	5,00	67.303,33	359.510,00	1.144.156,67
mar-15	2.188.900,00	-1.289.477,78	82,00	4,00	58.821,21	564.975,00	1.610.700,00
abr-15	1.730.915,00	-3.075.315,00	80,00	4,00	68.747,73	680.853,00	1.915.770,00
may-15	1.155.781,50	-4.213.124,00	92,00	6,00	73.260,55	261.935,25	911.901,00
jun-15	860.055,00	-1.109.880,50	105,00	8,00	52.124,55	96.219,00	397.263,50
jul-15	773.839,00	-1.374.879,00	80,00	4,00	30.735,00	309.550,50	856.482,00
ago-15	729.075,75	-2.245.628,67	92,00	6,00	39.048,45	157.158,25	486.050,50
sept-15	724.815,00	-935.356,50	105,00	8,00	43.928,18	94.306,50	334.795,50
oct-15	866.268,00	-1.572.609,60	90,00	6,00	55.530,00	278.247,75	699.678,00
nov-15	685.721,60	-3.806.336,00	98,00	8,00	55.470,55	194.332,50	435.840,00
dic-15	634.614,75	-1.410.255,00	92,00	7,00	44.289,00	171.847,20	435.897,00
PROMEDIO	1,02E+06	-2,45E+06			5,48E+04	2,88E+05	8,39E+05
ANUAL	1,23E+07	-2,94E+07			6,58E+05	3,17E+06	9,23E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-15	45.075,00	23,00	2,20	40.402,00	5,00	1,20	27.738,46	4.623,08	134.673,33	28.105,74
feb-15	40.382,00	25,00	2,60	35.951,00	8,00	1,80	31.063,08	12.425,23	41.942,83	4.108,69
mar-15	41.300,00	21,00	1,90	36.450,00	6,00	1,10	19.061,54	-2.117,95	82.012,50	31.242,86
abr-15	50.415,00	22,00	2,10	43.926,00	6,00	1,10	27.146,54	2.585,38	98.833,50	37.650,86
may-15	42.414,00	28,00	2,40	36.129,00	9,00	1,50	42.414,00	8.700,31	30.967,71	12.458,28
jun-15	24.573,00	23,00	1,95	21.382,00	7,00	1,25	15.121,85	-630,08	34.211,20	13.363,75
jul-15	22.539,00	22,00		19.971,00	6,00	1,10	12.136,38		44.934,75	17.118,00
ago-15	22.607,00	28,00		21.677,00	9,00	1,50	22.607,00		18.580,29	7.474,83
sept-15	20.709,00	23,00		20.957,00	7,00	1,25	12.744,00		33.531,20	13.098,13
oct-15	33.318,00	25,00		38.379,00	8,00	1,05	25.629,23		44.775,50	36.460,05
nov-15	29.056,00	22,00		43.185,00	9,00	0,95	15.645,54		37.015,71	50.382,50
dic-15	25.641,00	24,00		30.687,00	7,00	0,82	17.751,46		49.099,20	47.026,83
PROMEDIO	33.169,08	23,83	2,19	32.424,67	7,25	1,22	2,24E+04	4,26E+03	5,42E+04	2,49E+04
ANUAL	398.029,00						2,69E+05	2,56E+04	6,51E+05	2,98E+05

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-15	270.450,00	39.195,65
feb-15	114.415,67	18.460,34
mar-15	154.875,00	31.466,67
abr-15	201.660,00	48.014,29
may-15	115.123,71	26.325,93
jun-15	78.633,60	14.334,25
jul-15	90.156,00	
ago-15	61.361,86	
sept-15	66.268,80	
oct-15	94.401,00	
nov-15	53.961,14	
dic-15	87.179,40	
PROMEDIO	1,16E+05	2,96E+04
ANUAL	1,39E+06	1,78E+05

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-15	9.080,00	26.150,40	16,64	13,81
feb-15	7.050,00	20.304,00	32,72	27,16
mar-15	8.680,00	24.998,40	8,00	6,64
abr-15	8.625,00	24.840,00	56,55	46,94
may-15	8.405,00	24.206,40	25,33	21,02
jun-15	8.250,00	23.760,00	80,46	66,78
jul-15	9.534,00	27.457,92	23,15	19,21
ago-15	8.216,00	23.662,08	120,38	99,92
sept-15	7.116,00	20.494,08	70,65	58,64
oct-15	6.584,00	18.961,92	84,22	69,90
nov-15	5.598,00	16.122,24	41,55	34,49
dic-15	6.460,00	18.604,80	39,10	32,45
TOTAL	93.598,00	269.562,24	598,75	496,96

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-15	26.150,40	13,81	17,14	26.181,35
feb-15	20.304,00	27,16	24,46	20.355,61
mar-15	24.998,40	6,64	40,67	25.045,71
abr-15	24.840,00	46,94	48,48	24.935,42
may-15	24.206,40	21,02	69,23	24.296,66
jun-15	23.760,00	66,78	119,13	23.945,91
jul-15	27.457,92	19,21	162,49	27.639,63
ago-15	23.662,08	99,92	154,14	23.916,13
sept-15	20.494,08	58,64	104,03	20.656,75
oct-15	18.961,92	69,90	50,82	19.082,64
nov-15	16.122,24	34,49	24,99	16.181,72
dic-15	18.604,80	32,45	17,14	18.654,40
PROMEDIO	22.463,52	41,41	69,39	22.574,33
ANUAL	269.562,24	496,96	832,73	270.891,93

-1cm-2cm

EDAR TEJEDA DE TIÉTAR 2016

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-16	44.381,47	95,00	245,00	89.850,39	7,00	18,00	135.074,04	50.721,68	323.461,39	-4.806.995,62
feb-16	36.202,67	106,00	310,00	66.252,60	6,00	20,00	127.496,36	63.785,66	314.699,86	0,00
mar-16	28.512,03	108,00	285,00	67.182,32	8,00	19,00	102.891,25	43.446,91	190.349,90	-7.121.325,64
abr-16	32.082,17	110,00	285,00	77.751,17	7,00	20,00	118.564,55	48.887,12	279.904,22	0,00
may-16	37.808,25	125,00	305,00	87.789,58	8,00	18,00	164.383,69	64.814,14	248.737,13	-4.696.742,29
jun-16	38.656,57	108,00	290,00	35.169,19	6,00	19,00	139.499,78	60.746,03	167.053,67	-3.727.934,64
jul-16	35.426,92	108,00	265,00	33.535,65	7,00	18,00	127.844,96	47.235,89	120.728,36	-1.794.157,52
ago-16	30.721,04	130,00	305,00	28.596,20	8,00	20,00	140.248,20	52.664,63	81.022,58	0,00
sept-16	21.691,70	105,00	275,00	21.448,46	6,00	21,00	75.449,40	30.988,14	101.880,19	2.230.639,92
oct-16	25.584,45	105,00	241,50	31.937,93	7,00	12,00	88.989,40	28.386,56	114.976,56	-451.123,33
nov-16	28.342,23	110,00	247,50	53.685,32	9,00	15,00	104.743,04	33.065,94	122.709,30	-1.181.077,05
dic-16	37.406,95	118,00	247,80	57.390,14	8,00	19,00	151.254,18	43.748,32	162.605,39	-6.083.354,55
PROMEDIO	33.068,04	110,67	275,15	54.215,75	7,25	18,25	1,23E+05	4,74E+04	1,86E+05	-2,30E+06
ANUAL	396.816,45						1,48E+06	5,68E+05	2,23E+06	-2,76E+07

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-16	781.113,89	-5.037.296,95	90,00	5,00	73.969,12	898.503,85	1.257.475,01
feb-16	905.066,77		85,00	7,00	54.852,53	371.014,58	564.761,66
mar-16	475.200,57	-7.584.201,12	75,00	6,00	34.560,04	487.071,80	491.832,59
abr-16	660.892,76		75,00	8,00	38.887,48	349.880,28	358.250,93
may-16	737.260,84	-5.425.483,65	91,00	9,00	64.159,45	326.075,57	442.896,62
jun-16	985.742,46	-10.475.929,64	98,00	7,00	73.798,90	196.947,49	703.549,52
jul-16	715.623,74	-4.375.224,33	85,00	8,00	53.677,15	150.910,45	454.645,44
ago-16	624.661,05		91,00	7,00	52.132,67	160.138,74	516.113,39
sept-16	536.869,61	5.509.692,15	104,00	9,00	45.355,38	79.665,71	294.387,38
oct-16	501.455,24	-733.953,95	85,00	8,00	38.764,32	143.720,71	328.333,79
nov-16	408.937,94	-1.317.913,86	87,00	10,00	44.660,49	167.766,63	272.794,00
dic-16	685.794,06	-8.558.709,82	92,00	9,00	64.612,00	213.163,37	443.539,53
PROMEDIO	6,68E+05	-4,22E+06			5,33E+04	2,95E+05	5,11E+05
ANUAL	8,02E+06	-3,80E+07			6,39E+05	3,54E+06	6,13E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-16	44.381,47	21,00	2,05	89.850,39	7,00	1,05	20.483,76	1.137,99	143.760,62	85.357,87
feb-16	36.202,67	19,00	2,10	66.252,60	9,00	0,95	11.139,28	1.856,55	56.787,95	77.294,70
mar-16	28.512,03	20,00	1,95	67.182,32	7,00	0,85	10.966,17	-731,08	107.491,71	96.574,58
abr-16	32.082,17	25,00	2,25	77.751,17	7,00	1,05	24.678,59	4.113,10	124.401,88	73.863,61
may-16	37.808,25	30,00	2,60	87.789,58	8,00	1,10	43.624,90	11.633,31	102.421,17	75.248,21
jun-16	38.656,57	28,00	2,10	35.169,19	6,00	0,95	38.656,57	1.982,39	79.130,69	41.030,73
jul-16	35.426,92	21,00	2,05	33.535,65	7,00	0,95	16.350,89	908,38	53.657,05	39.124,93
ago-16	30.721,04	25,00	2,20	28.596,20	8,00	0,85	23.631,57	3.150,88	33.362,24	41.107,04
sept-16	21.691,70	26,00	1,85	21.448,46	7,00	1,02	18.354,52	-1.668,59	34.317,54	21.669,58
oct-16	25.584,45	25,00	1,98	31.937,93	7,00	0,92	19.680,35	-262,40	51.100,70	39.647,09
nov-16	28.342,23	26,00	1,85	53.685,32	9,00	0,98	23.981,89	-2.180,17	46.015,99	58.880,67
dic-16	37.406,95	21,00	2,10	57.390,14	8,00	1,05	17.264,75	1.918,31	66.955,16	54.520,63
PROMEDIO	33.068,04	23,92	2,09	54.215,75	7,50	0,98	2,24E+04	1,82E+03	7,50E+04	5,87E+04
ANUAL	396.816,45						2,69E+05	2,19E+04	8,99E+05	7,04E+05

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-16	124.268,12	44.381,47
feb-16	51.718,10	46.258,97
mar-16	74.131,29	39.204,05
abr-16	115.495,82	38.498,61
may-16	138.630,24	54.011,78
jun-16	212.611,12	49.394,50
jul-16	99.195,37	43.299,57
ago-16	87.042,93	51.841,75
sept-16	82.428,47	18.560,94
oct-16	92.104,02	31.171,86
nov-16	68.831,14	26.513,70
dic-16	81.048,39	39.277,30
PROMEDIO	1,02E+05	4,02E+04
ANUAL	1,23E+06	4,82E+05

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-16	5.853,84	16.859,05	0,85	0,74
feb-16	4.926,03	14.186,96	1,08	0,94
mar-16	4.726,81	13.613,23	128,00	111,36
abr-16	4.329,04	12.467,64	161,13	140,18
may-16	5.184,17	14.930,42	0,79	0,69
jun-16	6.197,84	17.849,77	0,16	0,14
jul-16	7.905,36	22.767,44	6,89	5,99
ago-16	9.603,62	27.658,42	0,75	0,65
sept-16	6.543,71	18.845,89	13,59	11,82
oct-16	4.956,45	14.274,59	31,50	27,41
nov-16	4.847,04	13.959,48	26,22	22,82
dic-16	4.910,51	14.142,25	481,88	419,23
TOTAL	69.984,42	201.555,13	852,9	742,0

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-16	16.859,05	0,74	17,14	16.876,94
feb-16	14.186,96	0,94	24,46	14.212,36
mar-16	13.613,23	111,36	40,67	13.765,26
abr-16	12.467,64	140,18	48,48	12.656,31
may-16	14.930,42	0,69	69,23	15.000,35
jun-16	17.849,77	0,14	119,13	17.969,04
jul-16	22.767,44	5,99	162,49	22.935,93
ago-16	27.658,42	0,65	154,14	27.813,21
sept-16	18.845,89	11,82	104,03	18.961,74
oct-16	14.274,59	27,41	50,82	14.352,81
nov-16	13.959,48	22,82	24,99	14.007,29
dic-16	14.142,25	419,23	17,14	14.578,63
PROMEDIO	16.796,26	61,83	69,39	16.927,49
ANUAL	201.555,13	741,98	832,73	203.129,85

-1cm-2cm

EDAR VILLANUEVA DE LA VERA 2014

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-14	76.872,00	137,50	417,50	92.842,00	18,50	50,00	376.004,35	214.143,43	36.574,12	232.105,00
feb-14	75.681,00	139,50	418,50	125.431,00	18,00	57,00	376.759,76	211.546,41	54.876,06	230.521,84
mar-14	81.861,00	130,50	391,50	71.667,00	16,50	64,00	375.492,85	207.771,01	42.011,69	99.356,52
abr-14	73.438,00	120,50	361,50	69.812,00	16,50	70,50	304.927,35	165.410,35	40.924,28	75.341,66
may-14	55.781,00	131,50	457,50	47.467,00	18,00	78,00	258.290,28	176.639,83	20.766,81	38.464,64
jun-14	38.559,00	110,50	331,50	33.371,00	14,00	38,50	143.338,89	75.832,70	30.590,08	156.031,97
jul-14	35.422,00	152,00	456,00	31.340,00	19,50	82,50	195.591,04	111.663,64	9.849,71	21.311,20
ago-14	35.565,00	140,00	420,00	30.439,00	18,50	66,00	177.825,00	99.920,71	11.991,12	39.041,33
sept-14	38.623,00	143,50	430,50	33.518,00	19,00	67,50	198.992,41	112.374,54	11.829,88	40.574,42
oct-14	36.155,00	142,00	426,00	33.679,00	19,00	71,50	183.918,91	103.644,33	11.886,71	34.986,92
nov-14	61.251,00	151,50	454,50	60.540,00	18,50	54,50	336.880,50	192.211,47	23.849,09	123.712,17
dic-14	53.321,00	122,50	367,50	51.959,00	13,50	61,50	226.034,67	123.146,12	51.959,00	79.503,53
PROMEDIO	55.210,75	135,13	411,04	56.838,75	17,46	63,46	262.838,00	1,50E+05	2,89E+04	9,76E+04
ANUAL	662.529,00						3,15E+06	1,79E+06	3,47E+05	1,17E+06

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-14	554.410,18	941.682,00	120,00	18,00	194.935,91	133.270,44	482.466,38
feb-14	574.702,59	739.423,82	102,50	15,00	167.442,95	110.256,92	550.987,50
mar-14	643.596,83	609.306,31	109,00	19,00	164.679,15	65.705,41	388.789,41
abr-14	526.727,72	423.177,39	130,50	20,50	161.426,83	37.203,86	331.670,81
may-14	395.696,47	364.980,85	138,00	23,00	120.350,82	19.069,14	211.156,43
jun-14	310.078,63	610.691,19	95,50	13,50	64.940,33	58.592,17	252.574,26
jul-14	268.195,14	211.681,87	105,00	15,00	75.440,91	46.829,23	246.219,23
ago-14	261.887,73	273.695,87	107,00	13,50	84.268,36	62.664,09	314.021,78
sept-14	282.856,68	295.161,03	120,50	15,50	93.674,32	48.647,44	281.205,56
oct-14	261.592,06	248.872,77	113,00	14,00	144.775,09	105.945,00	505.320,75
nov-14	493.720,18	710.156,52	119,50	15,00	136.534,08	79.936,92	428.618,81
dic-14	505.390,35	393.162,07	121,50	21,50	144.719,09	39.349,90	283.132,05
PROMEDIO	4,23E+05	4,85E+05			1,29E+05	6,73E+04	3,56E+05
ANUAL	5,08E+06	5,82E+06			1,55E+06	8,07E+05	4,28E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-14	76.872,00	41,00	4,04	92.842,00	9,00	0,69	153.744,00	80.419,94	79.578,86	192.263,35
feb-14	75.681,00	39,50	4,03	125.431,00	7,00	0,77	142.629,58	78.785,86	200.689,60	216.653,55
mar-14	81.861,00	48,00	5,04	71.667,00	6,00	0,94	207.801,00	127.619,20	161.250,75	85.356,20
abr-14	73.438,00	47,50	5,03	69.812,00	6,50	0,84	183.595,00	113.923,05	131.867,11	103.606,34
may-14	55.781,00	49,50	4,56	47.467,00	11,00	0,80	148.034,19	73.087,41	21.096,44	76.775,48
jun-14	38.559,00	50,50	4,04	33.371,00	7,00	0,66	105.295,73	40.239,78	53.393,60	73.306,79
jul-14	35.422,00	50,00	4,56	31.340,00	9,00	0,83	95.366,92	46.411,90	26.862,86	47.010,00
ago-14	35.565,00	42,50	4,55	30.439,00	8,00	0,78	75.233,65	46.508,08	35.512,17	51.431,41
sept-14	38.623,00	42,00	3,56	33.518,00	6,00	0,65	80.217,00	30.799,37	75.415,50	75.415,50
oct-14	36.155,00	48,00	3,55	33.679,00	7,50	0,56	91.778,08	28.645,88	45.925,91	96.368,62
nov-14	61.251,00	48,00	4,54	60.540,00	8,00	0,79	155.483,31	79.626,30	70.630,00	98.991,08
dic-14	53.321,00	41,00	3,05	51.959,00	9,00	0,51	106.642,00	28.711,31	44.536,29	170.722,43
PROMEDIO	55.210,75	45,63	4,21	56.838,75	7,83	0,73	1,29E+05	6,46E+04	7,89E+04	1,07E+05
ANUAL	662.529,00						1,55E+06	7,75E+05	9,47E+05	1,29E+06

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-14	351.414,86	406.150,49
feb-14	491.926,50	345.592,26
mar-14	859.540,50	377.112,47
abr-14	669.101,78	391.981,17
may-14	238.618,72	281.525,58
jun-14	335.463,30	213.338,73
jul-14	207.471,71	169.162,76
ago-14	204.498,75	185.183,28
sept-14	347.607,00	186.999,69
oct-14	266.232,27	214.066,24
nov-14	408.340,00	309.979,72
dic-14	243.753,14	298.246,03
PROMEDIO	3,85E+05	2,82E+05
ANUAL	4,62E+06	3,38E+06

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-14	9.500,00	27.360,00	12,22	10,41
feb-14	8.835,00	25.444,80	9,44	8,04
mar-14	9.514,00	27.400,32	0,05	0,04
abr-14	9.653,00	27.800,64	0,63	0,54
may-14	10.982,00	31.628,16	40,71	34,68
jun-14	10.978,00	31.616,64	65,71	55,98
jul-14	10.997,00	31.671,36	24,56	20,93
ago-14	15.339,00	44.176,32	31,13	26,52
sept-14	11.267,00	32.448,96	32,78	27,93
oct-14	9.191,00	26.470,08	38,66	32,94
nov-14	8.097,00	23.319,36	46,08	39,26
dic-14	10.757,00	30.980,16	31,38	26,74
TOTAL	125.110,00	360.316,80	333,35	284,01

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-14	27.360,00	10,41	33,26	27.403,67
feb-14	25.444,80	8,04	47,45	25.500,29
mar-14	27.400,32	0,04	78,92	27.479,28
abr-14	27.800,64	0,54	94,07	27.895,24
may-14	31.628,16	34,68	134,33	31.797,18
jun-14	31.616,64	55,98	231,14	31.903,76
jul-14	31.671,36	20,93	315,28	32.007,56
ago-14	44.176,32	26,52	299,06	44.501,91
sept-14	32.448,96	27,93	201,84	32.678,72
oct-14	26.470,08	32,94	98,60	26.601,62
nov-14	23.319,36	39,26	48,49	23.407,11
dic-14	30.980,16	26,74	33,26	31.040,16
PROMEDIO	30.026,40	23,67	134,64	30.184,71
ANUAL	360.316,80	284,01	1.615,69	362.216,51

-1cm-2cm

EDAR VILLANUEVA DE LA VERA 2015

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-15	46.058,00	165,00	325,00	44.295,00	5,00	11,00	280.353,04	87.729,52	295.300,00	-561.070,00
feb-15	36.688,00	170,00	348,00	36.600,00	6,00	12,00	231.293,91	77.918,32	173.850,00	-516.975,00
mar-15	41.999,00	175,00	359,00	41.017,00	5,00	11,00	273.906,52	93.597,77	273.446,67	-519.548,67
abr-15	41.767,00	145,00	325,00	77.843,00	4,00	12,00	217.914,78	79.556,19	817.351,50	-1.099.532,38
may-15	26.607,00	165,00	358,00	103.083,00	6,00	10,00	161.955,65	59.042,20	489.644,25	-1.185.454,50
jun-15	37.083,00	185,00	389,00	117.211,00	5,00	11,00	257.968,70	93.237,26	781.406,67	-1.484.672,67
jul-15	38.316,00	165,00	355,00	174.351,00	8,00	15,00	233.227,83	83.930,29	493.994,50	-3.835.722,00
ago-15	25.486,00	181,00	410,00	76.315,00	8,00	18,00	172.861,57	69.176,29	216.225,83	-4.082.852,50
sept-15	33.052,00	192,00	485,00	60.376,00	8,00	15,00	239.986,26	113.321,14	171.065,33	-1.328.272,00
oct-15	51.351,00	152,00	325,00	100.110,00	5,00	12,00	283.546,83	97.811,43	667.400,00	-1.414.053,75
nov-15	52.269,00	125,00	301,00	36.865,00	6,00	13,00	227.256,52	87.612,80	175.108,75	-589.840,00
dic-15	41.347,00	110,00	295,00	10.079,00	6,00	13,00	152.804,13	66.942,76	47.875,25	-161.264,00
PROMEDIO	39.335,25	160,83	356,25	73.178,75	6,00	12,75	2,28E+05	8,42E+04	3,84E+05	-1,40E+06
ANUAL	472.023,00						2,73E+06	1,01E+06	4,60E+06	-1,68E+07

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-15	2.456.426,67	-1.606.912,44	142,00	4,50	118.958,06	446.520,00	2.017.840,00
feb-15	1.504.208,00	-1.540.896,00	135,00	3,00	127.269,70	1.312.544,00	5.543.868,00
mar-15	2.379.943,33	-1.623.961,33	156,00	4,00	153.145,67	1.206.566,50	3.174.292,00
abr-15	2.944.573,50	-1.634.133,88	152,00	4,00	94.333,91	1.597.786,50	1.968.918,00
may-15	1.057.628,25	-925.923,60	142,00	4,00	120.238,82	1.816.770,50	2.558.727,00
jun-15	2.224.980,00	-1.557.486,00	161,00	5,00	146.297,45	1.743.510,00	1.992.432,00
jul-15	1.002.602,00	-2.605.488,00	161,00	6,00	97.310,18	553.283,75	987.582,50
ago-15	734.846,33	-4.995.256,00	181,00	7,00	146.230,06	338.105,60	1.150.209,60
sept-15	1.013.594,67	-3.106.888,00	190,00	6,00	241.194,09	725.797,50	2.362.146,00
oct-15	2.516.199,00	-2.009.107,88	172,00	5,00	216.995,55	368.650,00	2.909.641,00
nov-15	1.555.002,75	-2.150.496,00	135,00	8,00	125.293,94	45.355,50	875.178,17
dic-15	1.075.022,00	-1.665.693,43	145,00	6,00	131.117,50	530.545,94	1.366.899,94
PROMEDIO	1,71E+06	-2,12E+06			1,43E+05	8,90E+05	2,24E+06
ANUAL	2,05E+07	-2,54E+07			1,72E+06	1,07E+07	2,69E+07

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-15	46.058,00	21,00	2,85	44.295,00	10,00	0,91	21.257,54	20.076,56	27.684,38	56.141,34
feb-15	36.688,00	22,00	2,90	36.600,00	12,00	0,96	19.755,08	16.932,92	10.980,00	41.828,57
mar-15	41.999,00	25,70	3,75	41.017,00	8,25	0,68	34.568,41	37.691,41	44.298,36	85.940,38
abr-15	41.767,00	22,00	2,10	77.843,00	11,00	0,85	22.489,92	2.141,90	34.596,89	111.899,31
may-15	26.607,00	23,00	2,45	103.083,00	10,00	0,82	16.373,54	6.140,08	64.426,88	157.971,35
jun-15	37.083,00	21,00	2,89	117.211,00	8,25	0,65	17.115,23	16.925,06	126.587,88	263.724,75
jul-15	38.316,00	25,00	3,05	174.351,00	9,00	0,65	29.473,85	20.631,69	149.443,71	392.289,75
ago-15	25.486,00	28,00	3,10	76.315,00	9,50	0,82	25.486,00	14.376,72	55.964,33	116.950,26
sept-15	33.052,00	31,00	3,25	60.376,00	6,63	0,58	40.679,38	21.187,18	109.146,25	161.762,11
oct-15	51.351,00	28,00	2,10	100.110,00	6,00	0,50	51.351,00	2.633,38	225.247,50	333.700,00
nov-15	52.269,00	21,00	1,85	36.865,00	7,00	0,61	24.124,15	-4.020,69	58.984,00	91.504,20
dic-15	41.347,00	18,00	1,90	10.079,00	5,00	0,47	9.541,62	-2.120,36	33.596,67	36.716,36
PROMEDIO	39.335,25	23,81	2,68	73.178,75	8,55	0,71	2,60E+04	1,27E+04	7,84E+04	1,54E+05
ANUAL	472.023,00						3,12E+05	1,53E+05	9,41E+05	1,85E+06

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-15	63.329,75	103.898,28
feb-15	36.688,00	78.213,98
mar-15	117.261,21	204.661,79
abr-15	51.048,56	65.260,94
may-15	43.236,38	56.323,91
jun-15	75.649,32	138.443,20
jul-15	87.579,43	153.264,00
ago-15	62.865,47	75.465,04
sept-15	173.969,17	166.507,25
oct-15	282.430,50	182.581,33
nov-15	146.353,20	115.738,50
dic-15	179.170,33	140.776,69
PROMEDIO	1,10E+05	1,23E+05
ANUAL	1,32E+06	1,48E+06

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-15	8.965,00	25.819,20	13,06	11,13
feb-15	8.541,00	24.598,08	20,24	17,24
mar-15	10.006,00	28.817,28	23,98	20,43
abr-15	10.379,00	29.891,52	4,74	4,04
may-15	9.137,00	26.314,56	9,73	8,29
jun-15	8.874,00	25.557,12	8,75	7,46
jul-15	12.496,00	35.988,48	5,76	4,91
ago-15	10.823,00	31.170,24	55,53	47,31
sept-15	10.098,00	29.082,24	77,71	66,21
oct-15	8.303,00	23.912,64	29,69	25,30
nov-15	6.996,00	20.148,48	30,89	26,32
dic-15	7.853,00	22.616,64	1,60	1,36
TOTAL	112.471,00	323.916,48	281,68	239,99

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-15	25.819,20	11,13	33,26	25.863,59
feb-15	24.598,08	17,24	47,45	24.662,78
mar-15	28.817,28	20,43	78,92	28.916,63
abr-15	29.891,52	4,04	94,07	29.989,63
may-15	26.314,56	8,29	134,33	26.457,18
jun-15	25.557,12	7,46	231,14	25.795,71
jul-15	35.988,48	4,91	315,28	36.308,67
ago-15	31.170,24	47,31	299,06	31.516,61
sept-15	29.082,24	66,21	201,84	29.350,28
oct-15	23.912,64	25,30	98,60	24.036,53
nov-15	20.148,48	26,32	48,49	20.223,29
dic-15	22.616,64	1,36	33,26	22.651,26
PROMEDIO	26.993,04	20,00	134,64	27.147,68
AÑO	323.916,48	239,99	1.615,69	325.772,16

-1cm-2cm

EDAR VILLANUEVA DE LA VERA 2016

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-16	63.328,51	142,00	310,00	46.613,08	8,00	15,00	322.149,38	111.578,80	132.070,38	-1.025.487,66
feb-16	53.710,24	130,00	290,00	38.747,13	10,00	16,00	245.198,93	84.401,81	72.650,87	-1.055.859,33
mar-16	57.913,62	125,00	285,00	33.517,38	8,00	17,00	251.798,34	88.249,32	94.965,90	-1.206.625,53
abr-16	68.859,01	122,00	310,00	55.259,48	8,00	14,00	290.405,38	121.323,01	156.568,54	-1.022.300,45
may-16	75.994,26	135,00	325,00	87.302,09	5,00	12,00	363.450,81	144.750,97	582.013,94	-1.233.142,03
jun-16	49.654,79	155,00	358,00	25.586,47	7,00	14,00	280.657,49	110.186,34	92.111,29	-473.349,69
jul-16	48.576,41	155,00	341,00	41.816,01	9,00	16,00	274.562,32	99.928,62	95.579,45	-1.139.486,24
ago-16	44.060,70	180,00	432,00	34.679,23	7,00	19,00	296.930,82	128.825,10	124.845,23	-3.675.998,34
sept-16	38.756,74	170,00	365,50	31.651,02	8,00	17,00	244.335,96	88.771,39	89.677,89	-1.139.436,74
oct-16	46.184,65	145,00	348,00	33.674,95	7,00	18,00	240.963,40	98.087,40	121.229,83	-1.801.609,92
nov-16	56.952,06	155,00	364,25	40.966,74	9,00	17,00	321.902,96	129.769,34	93.638,27	-1.474.802,75
dic-16	60.173,00	160,00	377,60	28.543,00	8,00	17,00	353.189,35	144.759,05	80.871,83	-1.027.548,00
PROMEDIO	55.347,00	147,83	342,20	41.529,72	7,83	16,00	2,90E+05	1,13E+05	1,45E+05	-1,36E+06
ANUAL	664.163,99						3,49E+06	1,35E+06	1,74E+06	-1,63E+07

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-16	1.414.336,72	-3.736.382,09	45,00	8,00	16.275,83	174.362,09	331.213,16
feb-16	805.653,62	-3.679.151,53	65,00	9,00	52.648,74	124.493,11	463.308,95
mar-16	1.129.315,56	-5.173.616,60	90,00	8,00	114.765,01	248.667,68	941.073,11
abr-16	1.308.321,15	-3.397.044,40	145,00	7,00	253.314,20	488.891,71	2.097.441,60
may-16	3.293.084,63	-2.973.275,45	130,00	6,00	142.945,60	185.501,90	1.539.298,41
jun-16	1.469.781,71	-2.846.874,48	155,00	7,00	176.641,49	234.169,65	1.437.861,76
jul-16	1.013.165,14	-3.946.833,37	165,00	8,00	173.572,46	156.056,53	1.152.921,71
ago-16	1.524.500,30	-18.197.070,04	170,00	9,00	158.550,30	117.560,93	891.405,00
sept-16	1.046.431,96	-4.502.241,20	190,00	8,00	216.927,91	151.537,28	1.400.934,44
oct-16	1.274.696,39	-7.620.467,58	130,00	7,00	163.952,91	229.413,76	1.401.020,74
nov-16	1.187.857,31	-6.592.201,26	125,00	9,00	164.108,18	106.016,86	997.152,57
dic-16	1.524.382,67	-7.232.794,60	115,00	8,00	134.174,54	186.883,72	987.021,49
PROMEDIO	1,42E+06	-5,82E+06			1,47E+05	2,00E+05	1,14E+06
ANUAL	1,70E+07	-6,99E+07			1,77E+06	2,40E+06	1,36E+07

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-16	63.328,51	18,00	2,65	46.613,08	7,00	0,65	14.614,27	21.109,50	74.580,92	104.879,42
feb-16	53.710,24	22,00	2,50	38.747,13	6,00	0,70	28.920,90	13.771,86	87.181,05	77.494,26
mar-16	57.913,62	21,00	3,05	33.517,38	5,25	0,48	26.729,36	31.184,26	100.552,13	117.601,43
abr-16	68.859,01	24,00	2,05	55.259,48	9,00	0,87	47.671,62	1.765,62	47.365,27	76.150,26
may-16	75.994,26	25,00	2,10	87.302,09	11,00	0,78	58.457,12	3.897,14	38.800,93	145.902,12
jun-16	49.654,79	20,00	2,25	25.586,47	7,00	0,64	19.098,00	6.366,00	40.938,35	58.978,98
jul-16	48.576,41	23,00	3,10	41.816,01	8,00	0,95	29.893,18	27.402,08	48.785,34	48.785,34
ago-16	44.060,70	29,00	3,25	34.679,23	9,00	0,82	47.449,99	28.244,04	29.725,05	53.144,79
sept-16	38.756,74	28,00	3,15	31.651,02	5,75	0,70	38.756,74	22.856,54	78.072,52	63.668,65
oct-16	46.184,65	30,00	3,25	33.674,95	6,00	1,10	53.289,98	29.605,55	75.768,64	28.864,24
nov-16	56.952,06	32,00	2,58	40.966,74	8,00	1,26	74.475,77	16.939,59	47.794,53	25.054,04
dic-16	60.173,00	28,00	3,57	28.543,00	4,75	0,80	60.173,00	48.446,98	106.387,55	45.422,25
PROMEDIO	55.347,00	25,00	2,79	41.529,72	7,23	0,81	4,16E+04	2,10E+04	6,47E+04	7,05E+04
ANUAL	664.163,99						5,00E+05	2,52E+05	7,76E+05	8,46E+05

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-16	139.322,72	211.095,03
feb-16	214.840,97	148.736,05
mar-16	280.658,31	343.799,34
abr-16	147.555,02	99.089,79
may-16	118.213,29	137.414,28
jun-16	129.102,45	135.498,66
jul-16	121.441,03	116.043,65
ago-16	125.887,72	139.048,71
sept-16	229.956,65	146.796,76
oct-16	277.107,91	94.568,57
nov-16	227.808,25	62.129,52
dic-16	508.735,36	221.300,70
PROMEDIO	2,10E+05	1,55E+05
ANUAL	2,52E+06	1,86E+06

Huella Hídrica Azul

	ELECTRICIDAD Cons.Total	WF_{blue}	FANGOS Vol. agua	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes	m^3	m^3/mes
ene-16	6.267,48	18.050,34	0,00	0,00
feb-16	6.423,41	18.499,43	4,98	4,33
mar-16	7.307,78	21.046,41	0,01	0,01
abr-16	7.122,09	20.511,63	0,01	0,01
may-16	10.046,98	28.935,30	17,58	15,30
jun-16	7.740,42	22.292,41	0,02	0,02
jul-16	12.070,63	34.763,40	43,43	37,78
ago-16	13.124,11	37.797,43	7,81	6,80
sept-16	11.801,07	33.987,08	2,86	2,49
oct-16	10.587,47	30.491,90	2,11	1,84
nov-16	9.303,98	26.795,47	122,56	106,63
dic-16	8.471,18	24.396,99	26,85	23,36
ANUAL	110.266,60	317.567,81	228,22	198,55

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-16	18.050,34	0,00	33,26	18.083,60
feb-16	18.499,43	4,33	47,45	18.551,22
mar-16	21.046,41	0,01	78,92	21.125,33
abr-16	20.511,63	0,01	94,07	20.605,71
may-16	28.935,30	15,30	134,33	29.084,93
jun-16	22.292,41	0,02	231,14	22.523,57
jul-16	34.763,40	37,78	315,28	35.116,46
ago-16	37.797,43	6,80	299,06	38.103,29
sept-16	33.987,08	2,49	201,84	34.191,40
oct-16	30.491,90	1,84	98,60	30.592,34
nov-16	26.795,47	106,63	48,49	26.950,59
dic-16	24.396,99	23,36	33,26	24.453,61
PROMEDIO	26.463,98	16,55	134,64	26.615,17
ANUAL	317.567,81	198,55	1.615,69	319.382,05

-1cm-2cm

EDAR TORREMENGA 2014

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-14	15.198,00	108,00	324,00	18.416,00	14,00	58,00	54.844,96	28.803,83	16.881,33	32.470,32
feb-14	14.633,00	138,00	414,00	22.141,00	14,00	75,00	71.892,57	40.275,59	20.295,92	20.128,18
mar-14	12.413,00	130,00	390,00	9.984,00	14,00	55,00	56.668,04	31.328,05	9.152,00	19.968,00
abr-14	13.015,00	90,00	270,00	9.649,00	11,00	27,00	36.781,52	17.973,10	15.009,56	135.086,00
may-14	11.484,00	136,00	408,00	8.189,00	14,00	82,00	55.422,78	30.952,11	7.506,58	5.679,47
jun-14	14.766,00	108,00	324,00	11.198,00	11,00	36,00	53.286,00	27.985,09	17.419,11	62.288,88
jul-14	15.446,00	113,00	339,00	12.337,00	16,00	68,00	59.097,74	31.480,42	7.930,93	14.650,19
ago-14	13.128,00	111,00	333,00	9.978,00	13,00	50,00	49.087,30	26.005,94	10.885,09	24.945,00
sept-14	8.964,00	118,00	354,00	6.522,00	12,00	71,00	36.245,74	19.550,06	8.478,60	6.905,65
oct-14	8.783,00	124,00	372,00	7.399,00	15,00	48,00	37.805,09	20.660,96	5.691,54	20.347,25
nov-14	13.167,00	112,00	336,00	11.696,00	13,00	60,00	49.805,61	26.459,40	12.759,27	19.006,00
dic-14	12.652,00	140,00	420,00	10.449,00	17,00	84,00	63.260,00	35.546,10	5.572,80	6.693,89
PROMEDIO	12.804,08	119,00	357,00	11.496,50	13,67	59,50	5,20E+04	2,81E+04	1,15E+04	3,07E+04
ANUAL	153.649,00						6,24E+05	3,37E+05	1,38E+05	3,68E+05

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-14	119.051,00	106.386,00	133,00	23,00	43.455,58	12.652,00	76.649,05
feb-14	151.207,67	90.192,49	132,00	16,00	36.486,70	13.549,71	102.850,57
mar-14	119.992,33	118.810,14	150,00	29,00	45.355,30	2.144,22	58.326,48
abr-14	114.242,78	451.806,43	141,00	21,00	36.888,00	6.034,00	72.530,53
may-14	116.754,00	60.383,61	152,00	17,00	52.352,18	13.437,60	132.894,00
jun-14	159.144,67	265.788,00	132,00	25,00	45.401,88	5.363,91	71.857,48
jul-14	107.018,71	87.205,54	152,00	29,00	46.544,73	2.217,33	59.805,33
ago-14	116.958,55	123.840,80	123,00	22,00	23.904,00	4.239,30	45.268,20
sept-14	95.018,40	49.741,41	118,00	19,00	22.090,58	6.963,76	51.148,06
oct-14	73.642,08	101.631,86	129,00	13,00	37.506,00	23.392,00	138.852,00
nov-14	118.503,00	90.852,30	135,00	24,00	38.339,39	5.224,50	63.835,09
dic-14	103.746,40	66.423,00	136,58	21,25	39.414,59	8.211,79	76.713,64
PROMEDIO	1,16E+05	1,34E+05			3,90E+04	8,62E+03	7,92E+04
ANUAL	1,40E+06	1,61E+06			4,68E+05	1,03E+05	9,51E+05

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-14	15.198,00	29,00	3,10	18.416,00	5,51	0,47	16.367,08	8.573,23	49.791,41	67.086,86
feb-14	14.633,00	30,00	5,10	22.141,00	4,20	0,87	16.884,23	23.262,72	108.692,18	30.511,38
mar-14	12.413,00	28,00	5,60	9.984,00	5,32	1,06	12.413,00	22.916,31	29.109,98	9.292,04
abr-14	13.015,00	30,00	5,60	9.649,00	3,90	0,84	15.017,31	24.027,69	56.370,47	14.168,15
may-14	11.484,00	29,00	5,20	8.189,00	5,22	0,78	12.367,38	18.845,54	24.872,18	13.685,73
jun-14	14.766,00	37,00	5,60	11.198,00	4,07	1,12	24.988,62	27.260,31	59.127,60	9.209,57
jul-14	15.446,00	29,00	4,20	12.337,00	5,51	0,76	16.634,15	17.426,26	33.355,59	21.546,31
ago-14	13.128,00	27,00	6,20	9.978,00	6,75	1,12	12.118,15	28.275,69	17.330,21	8.206,21
sept-14	8.964,00	32,00	3,60	6.522,00	6,08	0,54	11.722,15	7.355,08	14.258,88	19.432,90
oct-14	8.783,00	40,00	3,00	7.399,00	6,00	0,45	16.890,38	4.504,10	16.647,75	28.671,13
nov-14	13.167,00	31,00	2,00	11.696,00	5,89	0,40	16.205,54	0,00	27.390,89	53.467,43
dic-14	12.652,00	33,00	6,40	10.449,00	7,26	1,28	17.518,15	28.548,10	15.375,52	6.116,49
PROMEDIO	12.804,08	31,25	4,63	11.496,50	5,48	0,81	1,58E+04	1,76E+04	3,77E+04	2,34E+04
ANUAL	153.649,00						1,89E+05	2,11E+05	4,52E+05	2,81E+05

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-14	101.709,69	95.168,43
feb-14	171.605,18	75.484,87
mar-14	84.797,24	55.797,05
abr-14	178.785,00	78.419,49
may-14	84.810,41	69.533,26
jun-14	234.900,67	61.824,00
jul-14	103.369,38	74.836,96
ago-14	55.966,74	62.327,33
sept-14	56.947,76	55.979,27
oct-14	74.655,50	55.991,63
nov-14	84.993,15	60.192,00
dic-14	61.913,02	52.665,24
PROMEDIO	1,08E+05	6,65E+04
ANUAL	1,29E+06	7,98E+05

Huella Hídrica Azul

ELECTRICIDAD	Cons.Total	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes
ene-14	4.501,00	12.962,88
feb-14	4.034,00	11.617,92
mar-14	3.497,00	10.071,36
abr-14	4.350,00	12.528,00
may-14	4.314,00	12.424,32
jun-14	3.693,00	10.635,84
jul-14	4.197,00	12.087,36
ago-14	4.730,00	13.622,40
sept-14	3.758,00	10.823,04
oct-14	3.790,00	10.915,20
nov-14	2.908,00	8.375,04
dic-14	3.731,00	10.745,28
ANUAL	47.503,00	136.808,64

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-14	12.962,88	0,00	6,93	12.969,81
feb-14	11.617,92	0,00	9,88	11.627,80
mar-14	10.071,36	0,00	16,43	10.087,79
abr-14	12.528,00	0,00	19,59	12.547,59
may-14	12.424,32	0,00	27,97	12.452,29
jun-14	10.635,84	0,00	48,13	10.683,97
jul-14	12.087,36	0,00	65,64	12.153,00
ago-14	13.622,40	0,00	62,27	13.684,67
sept-14	10.823,04	0,00	42,02	10.865,06
oct-14	10.915,20	0,00	20,53	10.935,73
nov-14	8.375,04	0,00	10,10	8.385,14
dic-14	10.745,28	0,00	6,93	10.752,21
PROMEDIO	11.400,72	0,00	28,03	11.428,75
ANUAL	148.209,36	0,00	364,44	148.573,80

-1cm-2cm

EDAR TORREMENGA 2015

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-15	11.438,00	90,00	220,00	9.275,00	5,00	12,00	32.324,78	10.348,67	61.833,33	-131.009,38
feb-15	10.914,00	105,00	295,00	8.625,00	6,00	19,00	37.961,74	17.670,29	40.968,75	-914.250,00
mar-15	12.459,00	102,00	196,00	9.403,00	9,00	15,00	41.710,57	8.424,66	21.492,57	-206.866,00
abr-15	11.397,00	95,00	265,00	9.495,00	6,00	15,00	34.686,52	15.196,00	45.101,25	-208.890,00
may-15	9.003,00	105,00	305,00	6.938,00	7,00	16,00	31.314,78	15.433,71	24.976,80	-189.060,50
jun-15	8.599,00	82,00	251,00	7.330,00	9,00	12,00	21.310,57	10.318,80	16.754,29	-103.536,25
jul-15	9.010,00	95,00	265,00	7.379,00	6,00	15,00	27.421,74	12.013,33	35.050,25	-162.338,00
ago-15	9.155,00	105,00	305,00	6.823,00	7,00	16,00	31.843,48	15.694,29	24.562,80	-185.926,75
sept-15	5.628,00	82,00	251,00	3.803,00	9,00	12,00	13.947,65	6.753,60	8.692,57	-53.717,38
oct-15	11.648,00	85,00	290,00	9.878,00	7,00	12,00	30.386,09	18.304,00	35.560,80	-139.526,75
nov-15	14.501,00	90,00	280,00	13.961,00	8,00	10,00	40.981,09	21.406,24	39.556,17	-160.551,50
dic-15	13.492,00	102,00	260,00	10.945,00	6,00	15,00	45.168,87	17.346,86	51.988,75	-240.790,00
PROMEDIO	10.603,67	94,83	265,25	8.654,58	7,08	14,08	3,24E+04	1,41E+04	3,39E+04	-2,25E+05
ANUAL	127.244,00						3,89E+05	1,69E+05	4,07E+05	-2,70E+06

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-15	324.076,67	-297.388,00	80,00	4,00	14.882,73	133.687,50	414.732,00
feb-15	270.121,50	-3.012.264,00	65,00	8,00	11.326,36	42.313,50	118.360,50
mar-15	165.526,71	-451.015,80	55,00	9,00	6.907,27	35.267,14	74.894,57
abr-15	253.583,25	-569.850,00	78,00	5,00	11.731,18	69.380,00	219.073,00
may-15	176.458,80	-650.466,75	95,00	8,00	15.634,55	32.985,00	124.685,50
jun-15	89.675,29	-256.895,13	65,00	9,00	8.190,91	27.407,71	72.080,00
jul-15	200.472,50	-450.500,00	78,00	5,00	11.929,24	68.230,00	222.771,67
ago-15	179.438,00	-661.448,75	95,00	8,00	10.232,73	17.113,50	81.606,00
sept-15	58.692,00	-168.136,50	65,00	9,00	10.589,09	36.689,71	93.184,00
oct-15	181.708,80	-404.768,00	75,00	6,00	17.576,97	101.217,25	250.142,25
nov-15	198.180,33	-391.527,00	82,00	7,00	19.215,88	61.292,00	202.380,00
dic-15	323.808,00	-661.108,00	71,00	9,00	11.567,64	32.145,60	93.918,19
PROMEDIO	2,02E+05	-6,65E+05			1,25E+04	5,48E+04	1,64E+05
ANUAL	2,42E+06	-7,98E+06			1,50E+05	6,58E+05	1,97E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-15	11.438,00	20,00	1,58	9.275,00	6,00	0,92	4.399,23	-2.463,57	20.868,75	11.513,79
feb-15	10.914,00	16,00	1,90	8.625,00	8,00	1,10	839,54	-559,69	10.062,50	7.392,86
mar-15	12.459,00	12,00	1,85	9.403,00	5,00	0,98	-2.875,15	-958,38	31.343,33	10.312,97
abr-15	11.397,00	21,00	2,20	9.495,00	2,00	0,95	5.260,15	1.168,92	0,00	11.077,50
may-15	9.003,00	30,00	2,10	6.938,00	3,00	0,80	10.388,08	461,69	83.256,00	11.100,80
jun-15	8.599,00	18,00	1,95	7.330,00	5,00	1,10	1.984,38	-220,49	24.433,33	6.282,86
jul-15	9.010,00	21,00	2,20	7.379,00	2,00	0,95	4.158,46	924,10	0,00	8.608,83
ago-15	9.155,00	30,00	2,10	6.823,00	3,00	0,80	10.563,46	469,49	81.876,00	10.916,80
sept-15	5.628,00	18,00	1,95	3.803,00	5,00	1,10	1.298,77	-144,31	12.676,67	3.259,71
oct-15	11.648,00	20,00	1,95	9.878,00	6,00	0,85	4.480,00	-298,67	22.225,50	14.199,63
nov-15	14.501,00	25,00	1,90	13.961,00	7,00	0,90	11.154,62	-743,64	22.337,60	18.067,18
dic-15	13.492,00	22,00	1,85	10.945,00	6,00	1,05	7.264,92	-1.037,85	24.626,25	10.397,75
PROMEDIO	10.603,67	21,08	1,96	8.654,58	4,83	0,96	4,91E+03	-2,84E+02	2,78E+04	1,03E+04
ANUAL	127.244,00						5,89E+04	-3,40E+03	3,34E+05	1,23E+05

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-15	40.033,00	8.677,10
feb-15	14.552,00	8.315,43
mar-15	29.071,00	11.655,19
abr-15		15.829,17
may-15	243.081,00	15.605,20
jun-15	37.262,33	6.961,10
jul-15		12.513,89
ago-15	247.185,00	15.868,67
sept-15	24.388,00	4.556,00
oct-15	40.768,00	16.016,00
nov-15	52.203,60	17.060,00
dic-15	53.968,00	10.793,60
PROMEDIO	7,83E+04	1,20E+04
ANUAL	7,83E+05	1,44E+05

Huella Hídrica Azul

ELECTRICIDAD	Cons.Total	WF_{blue}
MES	kWh	m^3/mes
ene-15	3.420,00	9.849,60
feb-15	3.250,00	9.360,00
mar-15	4.850,00	13.968,00
abr-15	8.625,00	24.840,00
may-15	8.405,00	24.206,40
jun-15	8.250,00	23.760,00
jul-15	4.957,00	14.276,16
ago-15	4.762,00	13.714,56
sept-15	3.905,00	11.246,40
oct-15	3.568,00	10.275,84
nov-15	2.920,00	8.409,60
dic-15	3.437,00	9.898,56
ANUAL	60.349,00	173.805,12

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-15	9.849,60	0,00	6,93	9.856,53
feb-15	9.360,00	0,00	9,88	9.369,88
mar-15	13.968,00	0,00	16,43	13.984,43
abr-15	24.840,00	0,00	19,59	24.859,59
may-15	24.206,40	0,00	27,97	24.234,37
jun-15	23.760,00	0,00	48,13	23.808,13
jul-15	14.276,16	0,00	65,64	14.341,80
ago-15	13.714,56	0,00	62,27	13.776,83
sept-15	11.246,40	0,00	42,02	11.288,42
oct-15	10.275,84	0,00	20,53	10.296,37
nov-15	8.409,60	0,00	10,10	8.419,70
dic-15	9.898,56	0,00	6,93	9.905,49
PROMEDIO	14.483,76	0,00	28,03	14.511,79
ANUAL	173.805,12	0,00	364,44	188.653,32

-1cm-2cm

EDAR TORREMENGA 2016

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Vol salida	DBO_5 (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO_5	DQO	DBO_5	DQO
ene-16	17.480,54	85,00	215,00	20.255,68	6,00	15,00	45.601,41	14.983,32	96.214,48	-445.624,95
feb-16	17.220,48	95,00	240,00	15.399,71	7,00	18,00	52.410,17	18.860,53	55.438,95	-823.884,33
mar-16	17.387,14	105,00	265,00	13.903,76	9,00	10,00	60.477,00	23.182,85	31.780,02	-159.893,24
abr-16	22.015,88	80,00	192,00	20.557,96	7,00	12,00	52.646,68	14.048,23	74.008,65	-290.381,16
may-16	19.593,97	92,00	225,40	18.772,34	6,00	15,00	57.078,10	18.735,57	89.168,63	-412.991,56
jun-16	14.362,48	101,00	253,51	10.612,57	8,00	14,00	47.458,63	17.578,31	30.068,95	-196.332,58
jul-16	12.373,06	98,00	235,20	9.335,83	7,00	12,00	39.271,01	12.985,82	33.609,00	-131.868,63
ago-16	11.337,49	110,00	258,50	8.182,70	6,00	15,00	41.899,43	14.414,81	38.867,83	-180.019,43
sept-16	11.081,27	95,00	201,40	8.172,32	8,00	18,00	33.725,60	8.062,94	23.154,91	-437.219,12
oct-16	12.959,50	105,00	257,25	11.160,06	8,00	15,00	45.076,53	16.322,80	31.620,16	-245.521,21
nov-16	14.963,90	95,00	218,50	13.616,45	7,00	13,00	45.542,29	13.324,99	49.019,24	-217.863,28
dic-16	15.440,06	102,00	255,00	12.848,08	9,00	12,00	51.690,64	19.116,27	29.367,03	-181.479,10
PROMEDIO	15.517,98	96,92	234,73	13.568,12	7,33	14,08	4,77E+04	1,60E+04	4,85E+04	-3,10E+05
ANUAL	186.215,78						5,73E+05	1,92E+05	5,82E+05	-3,72E+06

	ΔWF_{Grey}		Entrada	Salida	$WF_{GreyRaw}$	WF_{GreyEf}	ΔWF_{Grey}
MES	DBO_5	DQO	SS (mg/l)	SS (mg/l)			
ene-16	345.240,70	-699.221,66	70,00	8,00	18.264,15	69.298,68	177.945,01
feb-16	303.080,53	-1.911.473,80	60,00	10,00	13.172,07	43.449,25	108.669,61
mar-16	238.452,18	-443.372,03	85,00	12,00	33.357,40	47.283,30	160.715,96
abr-16	321.431,92	-495.357,41	75,00	6,00	23.750,27	136.099,49	337.996,05
may-16	421.270,44	-824.514,42	90,00	9,00	23.937,47	39.418,12	166.194,42
jun-16	222.618,45	-573.326,28	85,00	8,00	18.747,06	42.011,24	158.787,58
jul-16	225.189,65	-345.208,32	96,04	7,00	20.970,93	45.823,13	201.898,07
ago-16	294.774,81	-552.135,89	104,50	9,00	23.337,82	30.354,33	151.180,16
sept-16	160.678,39	-1.016.152,33	104,50	6,00	27.293,50	80.910,40	319.127,72
oct-16	209.511,94	-627.887,85	92,00	9,00	25.846,73	50.575,40	177.429,05
nov-16	263.364,56	-439.297,22	102,00	11,00	31.348,00	34.261,54	156.116,17
dic-16	205.132,24	-468.991,85	105,00	10,00	32.916,93	42.400,38	184.276,03
PROMEDIO	2,68E+05	-7,00E+05			2,44E+04	5,52E+04	1,92E+05
ANUAL	3,21E+06	-8,40E+06			2,93E+05	6,62E+05	2,30E+06

Huella Hídrica Gris

		c_{raw}			c_{ef}		$WF_{GreyRaw}$		WF_{GreyEf}	
MES	Vol entrada	N	P	Vol salida	N	P	N	P	N	P
ene-16	17.480,54	15,00	1,20	20.255,68	8,00	0,86	0,00	-7.171,50	23.631,63	28.628,70
feb-16	17.220,48	18,00	1,30	15.399,71	9,00	1,01	3.973,96	-6.181,71	13.199,75	15.880,95
mar-16	17.387,14	10,00	1,65	13.903,76	7,50	0,85	-6.687,36	-3.120,77	18.959,67	19.986,66
abr-16	22.015,88	25,00	2,05	20.557,96	4,00	0,80	16.935,30	564,51	113.068,77	32.892,73
may-16	19.593,97	27,00	1,98	18.772,34	4,50	0,92	18.086,75	-200,96	78.843,84	23.303,60
jun-16	14.362,48	21,00	1,94	10.612,57	65,00	0,90	6.628,84	-441,92	-8.422,68	13.733,92
jul-16	12.373,06	22,00	2,05	9.335,83	7,00	0,91	6.662,42	317,26	14.937,33	11.832,62
ago-16	11.337,49	25,00	2,12	8.182,70	6,00	0,81	8.721,15	697,69	18.411,08	12.812,39
sept-16	11.081,27	28,00	1,98	8.172,32	5,00	0,86	11.081,27	-113,65	27.241,07	11.501,78
oct-16	12.959,50	18,00	2,05	11.160,06	9,00	0,65	2.990,65	332,29	9.565,76	25.110,12
nov-16	14.963,90	22,00	1,85	13.616,45	8,00	0,75	8.057,48	-1.151,07	15.885,86	24.315,10
dic-16	15.440,06	21,00	1,92	12.848,08	10,00	0,90	7.126,18	-633,44	8.030,05	16.626,92
PROMEDIO	15.517,98	21,00	1,84	13.568,12	11,92	0,85	6,96E+03	-1,43E+03	2,78E+04	1,97E+04
ANUAL	186.215,78						8,36E+04	-1,71E+04	3,33E+05	2,37E+05

	ΔWF_{Grey}	
MES	N	P
ene-16	20.393,97	7.398,94
feb-16	22.140,62	5.202,02
mar-16	7.903,24	17.387,14
abr-16	231.166,79	36.693,14
may-16	176.345,76	23.873,12
jun-16	-10.030,94	17.572,92
jul-16	37.119,17	16.401,50
ago-16	53.853,09	19.542,26
sept-16	84.956,39	15.322,25
oct-16	16.662,22	30.238,84
nov-16	34.915,76	23.514,69
dic-16	21.230,08	18.528,07
PROMEDIO	5,81E+04	1,93E+04
ANUAL	6,97E+05	2,32E+05

Huella Hídrica Azul

ELECTRICIDAD	Cons.Total	WF_{blue}
MES	kWh	$m^{3/}$mes
ene-16	3.116,21	8.974,67
feb-16	3.038,98	8.752,26
mar-16	3.185,92	9.175,45
abr-16	3.115,43	8.972,45
may-16	3.722,61	10.721,12
jun-16	3.365,41	9.692,39
jul-16	3.705,17	10.670,89
ago-16	5.384,25	15.506,65
sept-16	3.924,79	11.303,39
oct-16	3.828,86	11.027,13
nov-16	3.420,28	9.850,41
dic-16	3.337,08	9.610,80
ANUAL	43.145,00	124.257,61

m^3/mes	WF_{Blue}			
MES	**ELECT**	**FANGOS**	**EVAPO**	**TOTAL**
ene-16	8.974,67	0,00	6,93	8.981,60
feb-16	8.752,26	0,00	9,88	8.762,14
mar-16	9.175,45	0,00	16,43	9.191,89
abr-16	8.972,45	0,00	19,59	8.992,03
may-16	10.721,12	0,00	27,97	10.749,09
jun-16	9.692,39	0,00	48,13	9.740,51
jul-16	10.670,89	0,00	65,64	10.736,54
ago-16	15.506,65	0,00	62,27	15.568,92
sept-16	11.303,39	0,00	42,02	11.345,41
oct-16	11.027,13	0,00	20,53	11.047,66
nov-16	9.850,41	0,00	10,10	9.860,50
dic-16	9.610,80	0,00	6,93	9.617,72
PROMEDIO	10.354,80	0,00	28,03	10.382,83
ANUAL	124.257,61	0,00	336,41	124.594,01

ANEJO D

ANEJO DE RESULTADOS ANUALES DE LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

EDAR CUACOS DE YUSTE

kg CO_2/anual	2013	2014	2015	2016
Directas				
CH_4	2,76E+05	1,53E+05	2,26E+05	1,32E+05
N_2O	2,35E+04	1,29E+04	1,03E+04	1,59E+04
TOTAL	3,00E+05	1,66E+05	2,37E+05	1,48E+05
Indirectas				
Electricidad	7,79E+04	7,74E+04	8,68E+04	8,68E+04
Fangos	6,68E-02	9,22E-02	9,22E-02	1,06E-01
Transporte		2,57E+03	2,38E+03	
TOTAL	7,79E+04	8,00E+04	8,92E+04	8,68E+04
CF TOTAL	3,78E+05	2,46E+05	3,26E+05	2,35E+05

EDAR TEJEDA DE TIETAR

kg CO_2/anual	2013	2014	2015	2016
Directas				
CH_4	6,39E+04	5,75E+04	5,75E+04	5,26E+04
N_2O	9,14E+03	6,12E+03	6,60E+03	1,15E+04
TOTAL	7,31E+04	6,36E+04	6,41E+04	6,42E+04
Indirectas				
Electricidad	3,32E+04	3,42E+04	3,18E+04	2,38E+04
Fangos	1,95E-02	3,46E-02	1,15E-02	1,64E-01
Transporte		9,31E+02	2,97E+02	
TOTAL	3,32E+04	3,52E+04	3,21E+04	2,38E+04
CF TOTAL	1,06E+05	9,88E+04	9,62E+04	8,80E+04
CF/m^3 agua tratada	0,22	0,19	0,24	0,22

EDAR VILLANUEVA DE LA VERA

kg CO_2/anual	2014	2015	2016
Directas			
CH_4	1,07E+05	8,96E+04	1,16E+05
N_2O	1,24E+04	1,80E+04	9,05E+03
TOTAL	1,19E+05	1,08E+05	1,25E+05
Indirectas			
Electricidad	4,25E+04	3,82E+04	3,75E+04
Fangos	2,30E-02	5,41E-02	4,38E-02
Transporte	2,30E-02	1,64E+03	
TOTAL	4,32E+04	3,99E+04	3,75E+04
CF TOTAL	1,62E+05	1,47E+05	1,63E+05

EDAR TORREMENGA

kg CO_2/anual	2014	2015	2016
Directas			
CH_4	2,18E+04	1,46E+04	2,14E+04
N_2O	1,73E+03	1,23E+03	4,11E+03
TOTAL	2,36E+04	1,58E+04	2,55E+04
Indirectas			
Electricidad	1,62E+04	2,05E+04	1,47E+04
Fangos			
Transporte			
TOTAL	1,62E+04	2,05E+04	1,47E+04
CF TOTAL	3,97E+04	3,63E+04	4,02E+04