

Silvia Román Suero  
Diego Carmona Fernández  
Diego Rodríguez Méndez  
(Coords.)

# Experiencias de investigación para un futuro sostenible





Experiencias de  
investigación para un  
futuro sostenible



Silvia Román Suero  
Diego Carmona Fernández  
Diego Rodríguez Méndez  
(Coords.)

Experiencias de  
investigación para un  
futuro sostenible

Octaedro 

Colección Universidad

Título: *Experiencias de investigación para un futuro sostenible*

Primera edición: julio de 2021

© Silvia Román Suero, Diego Carmona Fernández, Diego Rodríguez Méndez  
(coords.)

© De esta edición:  
Ediciones OCTAEDRO, S.L.  
C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona  
Tel.: 93 246 40 02  
octaedro@octaedro.com  
www.octaedro.com

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN: 978-84-18819-17-9  
DOI: <https://doi.org/10.36006/16289>

Maquetación: Fotocomposición gama, sl  
Diseño y producción: Octaedro Editorial

# Sumario

1. Cinética de la adsorción de contaminantes en carbones activados . . . . .	9
CARMEN MARÍA GONZÁLEZ GARCÍA; BEATRIZ LEDESMA CANO; EDUARDO SABIO REY	
2. Influencia del estado funcional de los motores térmicos en la eficiencia energética del buque . . . . .	19
YOLANDA AMADO SÁNCHEZ; VANESA DURÁN GRADOS; JUAN MORENO GUTIÉRREZ; FÁTIMA CALDERAY CAYETANO	
3. Análisis de la actividad muscular en hipoterapia . . . . .	35
M.ª DOLORES APOLO ARENAS; NEREA CÁCERES PÍRIZ; ALEJANDRO CAÑA PINO; JOSÉ A. PARRACA	
4. Influencia del contenido de azufre en el combustible utilizado en el transporte marítimo sobre la calidad del aire . . . . .	45
FÁTIMA CALDERAY CAYETANO; JUAN MORENO GUTIÉRREZ; YOLANDA AMADO SÁNCHEZ; RUBÉN RODRÍGUEZ MORENO; ANTONIO RAMÍREZ SÁNCHEZ; EMILIO PÁJARO VELÁZQUEZ; VANESA DURÁN GRADOS	
5. Investigación en desarrollo del potencial de aislamiento térmico de una envolvente que integra materiales tradicionales y ecológicos acompañados de sistemas inteligentes básicos para edificaciones en la ciudad de Quito. . . . .	55
LUIS FREIRE AMORES	

6. Degradación medioambiental y crecimiento económico: la hipótesis EKC para España y Portugal . . .	71
ISMAEL PÉREZ FRANCO; AGUSTÍN GARCÍA GARCÍA	
7. Hidrocarbonización. De promesa a escala laboratorio a realidad industrial . . . . .	93
JUAN FÉLIX GONZÁLEZ GONZÁLEZ; BEATRIZ LEDESMA CANO; SILVIA ROMÁN SUERO	
8. Realidad virtual para formación, divulgación y gestión de instalaciones de depuración de aguas residuales. . .	107
MARCOS GARRIDO HERRERA; PEDRO TOMÁS MARTÍN DE LA VEGA MANZANO; MIGUEL ÁNGEL JARAMILLO MORÁN; FÁTIMA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ; DIEGO CARMONA FERNÁNDEZ; MARÍA ISABEL FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	
9. Contornos activos aplicados para la reconstrucción 3D de estructuras anatómicas . . . . .	119
VALENTÍN MASERO; JOSÉ MORENO	
10. Antioxidantes naturales como aditivos sostenibles para la mejora de la estabilidad a la oxidación de biodiésel . . . . .	133
SERGIO NOGALES DELGADO; JOSÉ MARÍA ENCINAR MARTÍN; JUAN FÉLIX GONZÁLEZ GONZÁLEZ; ANDRÉS ÁLVAREZ	
11. Taxonomía de amenazas, vulnerabilidades y buenas prácticas para el desarrollo seguro de software . . . . .	151
JOSÉ CARLOS SANCHO NÚÑEZ; ANDRÉS CARO LINDO; JOSÉ MÉNDEZ CHAVES; PABLO GARCÍA RODRÍGUEZ	
12. Caracterización de contaminantes emergentes y capacidad de remoción en aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones rurales con tecnología de humedales artificiales . . . . .	161
MARÍA ISABEL FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ; PEDRO TOMÁS MARTÍN DE LA VEGA MANZANO; MARÍA DEL ROSARIO PALOMO MARÍN; MIGUEL ÁNGEL JARAMILLO MORÁN; FÁTIMA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	
Sobre los coordinadores . . . . .	177



# Realidad virtual para formación, divulgación y gestión de instalaciones de depuración de aguas residuales

Virtual reality for teaching, knowledge spreading  
and management of wastewater treatment plants

MARCOS GARRIDO HERRERA

Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Extremadura

PEDRO TOMÁS MARTÍN DE LA VEGA MANZANO

Consorcio para la Gestión de los Servicios  
Medioambientales de la provincia de Badajoz

MIGUEL ÁNGEL JARAMILLO MORÁN

FÁTIMA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

DIEGO CARMONA FERNÁNDEZ

Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Extremadura

MARÍA ISABEL FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

Consorcio para la Gestión de los Servicios  
Medioambientales de la Provincia de Badajoz

## Introducción

En la actualidad, el Plan Nacional de Depuración Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización (Plan DSEAR) [1] de la Secretaría de Estado de Medioambiente, dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, recoge la totalidad de actuaciones pendientes para alcanzar el objetivo medioambiental relacionado con la consecución del buen esta-

do del 100% de las masas de agua del Estado español en la fecha límite de 2027 establecida por la Directiva Marco del Agua [2]. En este sentido, teniendo en cuenta que ninguna de las cuencas hidrográficas españolas alcanza este objetivo, tal como establece el plan antes comentado, se dibuja un escenario en el que se acometerán un amplio número de actuaciones de inversión, en concreto 4246, muy centradas en dotar de infraestructuras de depuración a los núcleos que a día de hoy no depuran sus aguas, puesto que la contaminación urbana se ha identificado como uno de los temas prioritarios en los estudios previos de planificación del tercer ciclo hidrológico, el cual abarcará de 2021 a 2027 [3].

Del total de medidas que cabe acometer en el ámbito de la depuración de aguas residuales urbanas en el siguiente ciclo de planificación hidrológica, en torno al 80% de las mismas se basará en dotar de infraestructuras de depuración a pequeños municipios, ya que para las grandes y medianas aglomeraciones urbanas se han ido cumpliendo los preceptos de la directiva 91/271/CEE en los últimos 30 años [4], la cual establecía unos requisitos depurativos para estos núcleos de población, mientras que para los pequeños, únicamente establece que se les aplique un tratamiento adecuado, sin definir unos valores límites de calidad para sus aguas, siendo esta la causa de que las pequeñas poblaciones hayan sido las últimas en ser consideradas en los planes de infraestructuras.

Así, el horizonte depurativo pasa por la construcción de un amplio número de estaciones de depuración, si bien, tal como se apunta en el Informe de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS) [5], la inversión en infraestructuras supone un incremento del patrimonio hidráulico. Dicho patrimonio igualmente requiere una inversión en renovación y mantenimiento que asegure el buen desempeño y funcionamiento de las actividades que lleva asociadas, que no son otras que la de suministrar agua y mantener las reservas de la misma en buenas condiciones, identificándose un problema endémico del patrimonio hidráulico nacional, como es que la inversión en nuevas infraestructuras sí queda sustentada en gran medida por los fondos europeos, mientras que la renovación de las mismas sufre un fuerte déficit, puesto que la tasa de renovación se sustenta en una pequeña fracción de la tarifa de los usuarios y las

acciones de mantenimiento de los operadores de dichas infraestructuras. Se calcula a día de hoy un déficit en torno al 60% de las necesidades de reinversión y renovación, lo cual pone en riesgo la vida útil del patrimonio hidráulico. Por tanto, las medidas de inversión que se acometerán en la próxima década requieren tomar acciones sobre la mejora en la renovación y mantenimiento del patrimonio hidráulico para garantizar la sostenibilidad de las infraestructuras hidráulicas en su vida útil.

Así, y como ya se identifica en el «Informe de nuevas oportunidades basadas en la inversión en I+D+i en el sector del agua en Extremadura» [6], dotar de nuevas estaciones de depuración a los pequeños núcleos requiere el diseño de sistemas sostenibles, con bajos costes de mantenimiento y mínima huella de carbono, con objeto de reducir la tasa de mantenimiento del patrimonio hidráulico. Por tanto, ante este escenario, las tecnologías depurativas actuales tienden a absorber las ventajas de las tecnologías extensivas, que son aquellas que imitan a la naturaleza, y combinarlas con tecnologías intensivas de bajo coste, que pasan por los tratamientos anaerobios, por haber demostrado buenos rendimientos depurativos, tal como establece [7], y por presentar un menor número de elementos que requieren una renovación y una fuerte reinversión para mantener su vida útil, a diferencia de las clásicas estaciones de depuración basadas en procesos de aireación prolongada que ya se han implantado en medianas y grandes poblaciones, las cuales implementan un amplio número de elementos con fuertes necesidades de mantenimiento y renovación.

En este contexto, queda de manifiesto que la revolución tecnológica en depuración de aguas residuales es patente, puesto que se construirán un amplio número de estaciones depuradoras, principalmente para pequeños núcleos, y que, por tanto, se requiere comenzar a divulgar y dar formación a los técnicos del sector para afrontar los nuevos retos depurativos que se plantean en la presente década. En ese sentido, en el presente trabajo se presenta un modelo desarrollado en realidad virtual de una planta depuradora basado en el modelado de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) del Centro de Cirugía de Mínima Invasión (CCMIJU) de Cáceres, la cual integra una hibridación de tecnologías, basada en un tratamiento principal con humedales artificiales, reforzado con un reactor anaerobio

hidrolítico de flujo ascendente. Se ha generado un modelo tridimensional de lo que serán las futuras estaciones de depuración de aguas residuales para pequeños núcleos, basado en la infraestructura del CCMIJU por haber sido esta objeto de investigación y análisis de sus resultados depurativos, y se muestran unos rendimientos óptimos y aceptables por la normativa vigente [7]. El modelo ha sido diseñado con dos objetivos principales: por un lado, uno con una orientación más tecnológica que busca dar a conocer los preceptos de hibridación de tecnologías, explicando los procesos que se desarrollan en la planta y sus ventajas, y por otro lado, un objetivo más formativo, es decir, el desarrollo de un modelo interactivo en el que los usuarios objetivos sean los futuros diseñadores y operadores de este tipo de tecnología.

El modelo desarrollado permitirá al usuario interactuar con los distintos elementos de la propia instalación, incluyendo paneles explicativos con audio y vídeo de los procesos depurativos, donde se insertan secciones que facilitan el estudio de los flujos de aguas residuales, lo que permite accionar los elementos de la planta, da libertad de movimiento sobre la instalación y acceso por las diferentes casetas, y permite levantar tapas de arquetas, abrir y cerrar válvulas y realizar todas aquellas acciones que sean factibles en la propia depuradora a nivel real. Así, con este modelo en realidad virtual se podrá realizar una labor divulgativa de las nuevas tecnologías implementadas, dar formación a futuros técnicos e incluso testear modificaciones al diseño de la EDAR de forma práctica, no invasiva y de fácil acceso tanto para el mundo académico como para el sector del agua; se generará, por lo tanto, una herramienta que permite facilitar formación especializada previamente al diseño, construcción y gestión de las nuevas EDAR del futuro. En este caso, los paquetes de software empleados han sido 3DS Max para el modelado de objetos y Unity para la creación del entorno virtual, mientras que para las acciones de realidad virtual, se ha empleado un visor Oculus Rift S, el cual no necesita sensores externos, al venir integrados en el propio visor, siendo de fácil acceso en el mercado y a precios muy asequibles.



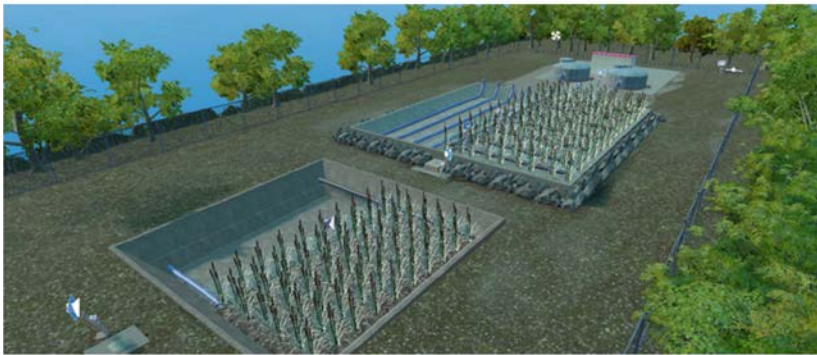
(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 8.1.** (a) Interior de la caseta de pretratamiento real, en el que se observa el tamiz vertical de tratamiento de fino en la parte izquierda de la foto y el pozo de bombeo en la parte derecha. (b) Representación de la caseta de pretratamiento en el modelo digital. (c) Panorámica de la instalación real, en la que se observan los lechos de los humedales. (d) Representación digital de la panorámica anterior, tal como se presenta en el modelo.

## Materiales y métodos

Para la construcción del modelo digital se ha partido de la revisión del proyecto de construcción de la instalación depurativa identificando en los planos de dicho proyecto las principales medidas constructivas desarrolladas para generar el modelo digital. A partir de ahí, se han verificado las medidas obtenidas de los planos en la propia instalación real; este proceso se ha acompañado de un reportaje fotográfico de los detalles, los cuales serán incluidos en el modelo para aportar el mayor realismo posible.

Basándose en toda la información recopilada, se desarrolló el modelo de la planta mediante el software 3DS Max para los objetos y el software Unity para el modelado de los entornos virtuales, tal como se puede apreciar en la figura 8.1 (a) y (b). El entorno se ha modelado incluyendo un paisaje a raíz del cierre perimetral de la propia instalación, como muestra la figura 8.1 (c) y (d).

Para la fase de interacción de los usuarios se ha empleado el visor Oculus Rift S (sistema 6Dof, 6 grados de libertad, pantalla LCD con resolución 2560x1440, 1280x1440 por ojo y velocidad de refresco de 80 Hz), cuyo manejo resulta muy intuitivo, incluso para usuarios que no están habituados al uso de este tipo de tecnología.

## Discusión

Una vez se encuentra con el entorno virtual completo, el usuario podrá llevar a cabo dos tipos principales de acciones.

1. Recorrido para formación en el sistema depurativo. En este recorrido, el usuario se podrá desplazar libremente por la instalación, contando con un panel informativo en cada uno de los elementos que componen la instalación, tal como muestra la figura 8.2 (a). Cada panel requiere la interacción del usuario, el cual, pulsando un botón virtual, activará una explicación tanto visual como sonora del funcionamiento de la etapa sobre la que se encuentra actuando.

Igualmente, en el propio recorrido se observará el flujo de agua residual en las diferentes etapas, así como la visualiza-

ción de los flujos de aire que permiten airear los cultivos biológicos responsables de la depuración, como puede verse en la figura 8.2 (b). Esto supone una gran ventaja del modelo digital sobre el modelo real, ya que el sistema de tuberías de alimentación y de aireación no está accesible en la instalación real; se favorece así un aprendizaje más detallado.

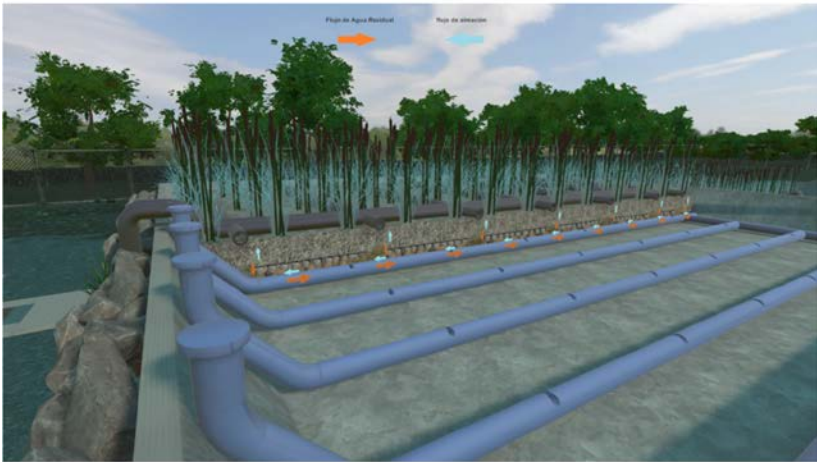
Por lo tanto, la formación es completa, siendo el propio modelo digital y el entorno los que fomentan la interacción del usuario, motivan su curiosidad y requieren la activación mediante pulsadores de los diferentes paneles explicativos. Así, en el libre desplazamiento por la instalación, el propio usuario puede completar y repetir el proceso de formación tantas veces como sea necesario, asegurando un aprendizaje completo tanto del proceso de depuración como de las etapas depurativas implantadas, las cuales tienen una equivalencia total con el modelo real.

2. Recorrido de formación en la gestión de la instalación. En este caso, el propio usuario podrá acceder a la caseta de pretratamiento, bajar por las escaleras de acceso y observar el pozo de bombeo y el canal de desbaste con el tamiz tornillo en funcionamiento, observando *in situ* el modo de operación en esta etapa del proceso de tratamiento. Podrá acceder a todas las arquetas y levantar la totalidad de tapas disponibles en la instalación real, y observar en las mismas las bombas, el nivel y el flujo de agua residual, tal como se aprecia en la figura 8.3 (a). Podrá, asimismo, acceder al lecho biológico del proceso secundario y del proceso terciario y observar las arquetas de salida y presentación, según se ve en la figura 8.3 (b). Así, realizará un aprendizaje de los procesos realizados en los puntos críticos de la instalación, que son todos aquellos a los que tiene acceso en el modelo digital, y que puede ser de complicado en el acceso a la planta real. Asimismo, aprenderá a identificar y trabajar con los puntos de muestreo para el seguimiento analítico del proceso y adquirirá conocimientos relativos al funcionamiento del lecho bacteriano responsable del proceso depurativo. En pocas palabras, el entorno de realidad virtual permite realizar una formación válida tanto para futuros operadores de mantenimiento como para gestores en este tipo de tecnologías, sin necesidad de desplazamientos a las instalaciones reales.





(a)



(b)

**Figura 8.2.** (a) Paneles informativos interactivos disponibles en el recorrido del modelo de realidad aumentada. (b) Corte transversal del lecho del sistema depurativo mostrando la red de aireación y la dirección del agua residual.





(a)



(b)

**Figura 8.3.** (a) Arqueta de bombeo del agua residual tras su paso por el tratamiento primario. En la figura, la totalidad de los elementos que se muestran son interactivos, es decir, el usuario puede recogerlos, moverlos, abrirlas o cerrarlas. (b) Arqueta de presentación del agua de salida, donde ya se muestra el agua depurada y donde el usuario puede entender el punto de toma de muestra de agua depurada.

## Conclusiones

En el presente trabajo se ha mostrado la versatilidad y potencia que ofrece la modelación en realidad virtual de una planta de tratamiento de aguas residuales híbrida en la que se combinan

tecnologías basada en un tratamiento principal con humedales artificiales con un reactor anaerobio hidrolítico de flujo ascendente, uno de los posibles sistemas depurativos susceptibles de ser instalados en pequeñas poblaciones. El objetivo del modelo desarrollado ha sido proporcionar una herramienta de formación en la tecnología y en la gestión de este tipo de sistemas.

Ha quedado patente que las nuevas instalaciones de depuración, principalmente para pequeños núcleos, por ser el objetivo depurativo principal en los planes de infraestructuras, se basarán en sistemas sostenibles como el que ha sido modelado en el presente trabajo. Sistemas depurativos novedosos sobre los que se requiere difundir tanto sus principios de funcionamiento como su modelo de gestión y mantenimiento para asegurar que una vez que dichos sistemas llegan a la realidad puedan ser mantenidos sin soportar grandes costes. Así, la herramienta basada en un modelo digital de realidad aumentada permite iniciar un proceso de divulgación y formación que facilite la instalación de este tipo de plantas.

## Bibliografía

- [1] PLAN DSEAR. Plan Nacional de Depuración, Sanemianeot, Eficiencia, Ahorro y Reutilización. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/planes-programas-relacionados/>
- [2] Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas L 327, 22 de diciembre de 2000, pp. 1-73. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=ES>
- [3] Esquemas de Temas Importantes del Tercer Ciclo de Planificación (2021-207). [https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/ETI\\_tercer\\_ciclo.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/ETI_tercer_ciclo.aspx)
- [4] Directiva 91/271/CEE. Directiva del Consejo sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. L135/40, 30 de mayo de 1991. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0271&from=ES>
- [5] Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS) y Cátedra AQUAE de Economía del AGUA, Universidad a

Distancia (UNED). Análisis de las necesidades de inversión en renovación de las infraestructuras del Ciclo Urbano del Agua.

- [6] Martín de la Vega, P. T., Chamorro, A., Miranda, F. J., Rivero, P. (2020). *Informe de nuevas oportunidades basadas en la inversión en I+D+i en el sector del agua en Extremadura*. <http://www.oficinaparalainnovacion.es/publicaciones/InformeSectorAguaExtremadura.pdf>
- [7] Fernández-Fernández, M. I., Martín de la Vega, P. T., Jaramillo-Morán, M. A. y Garrido, M. (2020). Hybrid constructed wetland to improve organic matter and nutrient removal. *Water*, 12, 2023. DOI: 10.3390/w12072023.

# Índice

1. Cinética de la adsorción de contaminantes en carbones activados . . . . .	9
Introducción . . . . .	10
Metodología . . . . .	10
Resultados . . . . .	12
Conclusiones . . . . .	17
Referencias . . . . .	18
2. Influencia del estado funcional de los motores térmicos en la eficiencia energética del buque . . . . .	19
Introducción . . . . .	20
Objetivos . . . . .	24
Metodología . . . . .	25
Resultados . . . . .	27
Conclusiones . . . . .	32
Referencias . . . . .	33
3. Análisis de la actividad muscular en hipoterapia . . . . .	35
Introducción . . . . .	37
Justificación y objetivo . . . . .	37
Metodología . . . . .	38
Resultados . . . . .	40
Análisis de las paradas y arranques . . . . .	40
Análisis de ejercicios con los brazos . . . . .	41

Análisis de la activación en la respiración y el ejercicio de levantarse desde tumbado de la grupa . . . . .	41
Conclusiones . . . . .	42
Referencias . . . . .	43
4. Influencia del contenido de azufre en el combustible utilizado en el transporte marítimo sobre la calidad del aire . . . . .	45
Introducción. . . . .	46
Metodología. . . . .	49
Resultados . . . . .	52
Conclusiones . . . . .	52
Agradecimientos. . . . .	53
Referencias . . . . .	54
5. Investigación en desarrollo del potencial de aislamiento térmico de una envolvente que integra materiales tradicionales y ecológicos acompañados de sistemas inteligentes básicos para edificaciones en la ciudad de Quito. . . . .	55
Introducción. . . . .	57
Justificación . . . . .	59
Metodología. . . . .	64
Viabilidad de la investigación . . . . .	66
Resultados . . . . .	66
Conclusiones . . . . .	67
Referencias . . . . .	68
6. Degradación medioambiental y crecimiento económico: la hipótesis EKC para España y Portugal . . . . .	71
Introducción. . . . .	72
Crecimiento y medioambiente. . . . .	74
Crecimiento y energía en España y Portugal . . . . .	77
Estimación de la EKC. . . . .	82
Conclusiones . . . . .	88
Bibliografía. . . . .	89
7. Hidrocarbonización. De promesa a escala laboratorio a realidad industrial . . . . .	93
El momento actual de transición energética . . . . .	94

La tecnología. La hidrocarbonización . . . . .	96
Apuestas a escala industrial de la hidrocarbonización . . . . .	99
Conclusiones . . . . .	104
Referencias . . . . .	105
8. Realidad virtual para formación, divulgación y gestión de instalaciones de depuración de aguas residuales . . . . .	107
Introducción . . . . .	107
Materiales y métodos . . . . .	112
Discusión . . . . .	112
Conclusiones . . . . .	115
Bibliografía . . . . .	116
9. Contornos activos aplicados para la reconstrucción 3D de estructuras anatómicas . . . . .	119
Introducción . . . . .	120
Imágenes tridimensionales en el campo de la Sanidad . . . . .	121
Contornos activos para la segmentación y visualización de imágenes médicas . . . . .	122
Segmentación . . . . .	122
Segmentación de imágenes médicas basada en contornos activos . . . . .	124
Gráficos por ordenador para la reconstrucción y visualización tridimensional . . . . .	126
Visualización . . . . .	126
Perspectivas futuras . . . . .	127
Conclusiones . . . . .	128
Reconocimientos . . . . .	128
Bibliografía . . . . .	128
10. Antioxidantes naturales como aditivos sostenibles para la mejora de la estabilidad a la oxidación de biodiésel . . . . .	133
Introducción . . . . .	134
Materiales y métodos . . . . .	137
Resultados y discusión . . . . .	139
Conclusiones . . . . .	145
Agradecimientos . . . . .	147
Referencias . . . . .	147

11. Taxonomía de amenazas, vulnerabilidades y buenas prácticas para el desarrollo seguro de software . . . . .	151
Introducción . . . . .	152
Justificación . . . . .	154
Metodología . . . . .	155
Resultados . . . . .	156
Conclusiones . . . . .	158
Agradecimientos . . . . .	159
Referencias . . . . .	159
12. Caracterización de contaminantes emergentes y capacidad de remoción en aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones rurales con tecnología de humedales artificiales . . . . .	161
Introducción . . . . .	162
Normativa . . . . .	163
Origen, destino y efectos sobre el medioambiente de los contaminantes emergentes . . . . .	165
Tratamientos de eliminación de contaminantes emergentes. Humedales artificiales . . . . .	166
Mapa depurativo en Extremadura. Un caso de estudio: planta de tratamiento instalada en la Fundación CCMIJU . . . . .	169
Descripción de las instalaciones . . . . .	170
Toma de muestras y cálculos de rendimientos de eliminación de contaminantes . . . . .	171
Resultados . . . . .	172
Conclusiones . . . . .	173
Bibliografía . . . . .	174
Sobre los coordinadores . . . . .	177





## Experiencias de investigación para un futuro sostenible

En este momento asistimos a un cambio obligado en el paradigma energético y de gestión de recursos en el planeta para poder acometer los cambios en los modelos productivos y de consumo que nos permitan garantizar el desarrollo sostenible. Son grandes retos: lucha contra el cambio climático; disminución de la contaminación en agua, aire y suelo; erradicación de la pobreza; protección de la biodiversidad; conseguir una energía limpia y asequible, ciudades y comunidades sostenibles... Retos que, además, están interconectados y han de ser abordados desde una visión amplia e inclusiva.

El esfuerzo realizado a través de la innovación en I+D es esencial para mejorar la eficiencia de procesos y hacer un uso más optimizado de los recursos, así como para profundizar en el conocimiento que permita un mejor control de los procesos. En ese marco surge la motivación de un grupo de investigadores de diversas procedencias por participar en esta obra. *Experiencias de investigación para un futuro sostenible* aborda aspectos como la eficiencia energética en la construcción o el transporte, la biorrefinería y extracción sostenible de recursos, el empleo de redes multidisciplinares de trabajo para el control y mitigación de emisiones, los procesos de descontaminación de aguas, las aplicaciones de las TIC y la inteligencia artificial para la mejor gestión de los procesos. Y se abordan también mejores prácticas en el sector de la salud.

Conscientes de que los grandes cambios tienen su origen en las pequeñas acciones y en la necesaria cohesión de los diferentes campos de conocimiento para viajar lejos, mejor que rápido, mostramos aquí la semilla de lo que serán avances hacia ese modelo integrador y respetuoso.

**Silvia Román Suero.** Doctora e ingeniera química (Universidad de Extremadura) y diplomada en Química Aplicada (Universidad de Central Lancashire, Reino Unido). Su desarrollo investigador se ha centrado en el aprovechamiento termoquímico de biomasa. Actualmente es profesora titular en la UEX, Departamento de Física Aplicada.

**Diego Carmona Fernández.** Ingeniero industrial y técnico-industrial en Electricidad por la Universidad de Extremadura (UEX), doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Extremadura en 2009. Actualmente es profesor titular en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática, y subdirector de Ordenación Académica e Innovación de la misma.

**Diego Rodríguez Méndez.** Ingeniero eléctrico (rama industrial) y actualmente científico e investigador del Departamento de Física Aplicada en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura. Perteneciente al grupo de investigación GAIRBER de la Universidad de Extremadura. Coordina el primer proceso de certificación internacional de personas que participan en programas de mentoría.