

CIESOL

**Centro Mixto Universidad de Almería-Centro de Investigaciones Energéticas,
Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)**

Título de documento:

Informe de actividades 2007



Referencia: CIESOL-2007-Dirección-01

Revisión: A

Fecha: 19 de Noviembre de 2007

Número de páginas: 32

Autor(s): Dr. Antonio Romerosa (UAL)
Dr. Christoph Richter (DLR-PSA)
Dr. José A. Sánchez (UAL)
Dr. Manuel I. Maldonado (CIEMAT)
Dr. Manuel Berenguel (UAL)
Dr. Luis Yebra (CIEMAT)
Dr. Javier Batlles (UAL)
Dr. Amadeo R. Fernández-Alba (UAL)
Dr. Sixto Malato Rodríguez (CIEMAT)
Dra. M^a José Jiménez (CIEMAT)

Aprobado por Dr. Amadeo R. Fernández-Alba (Director)

CIESOL es un centro estable de carácter público, sin personalidad jurídica propia, dotada de autonomía científica, tecnológica y administrativa para desarrollar líneas y proyectos de investigación y actividades de desarrollo, transferencia e innovación en diversos ámbitos de la ciencia y tecnología relacionados con la Energía Solar.

<http://www.ciesol.es/>

Página en blanco

1 Introduction

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Actividades en Organometálica y Fotoquímica	5
3. Actividades en Tratamiento de Aguas	8
4. Actividades en Modelado y Control Automático	15
5. Actividades en Evaluación del Recurso Solar	19
6. Actividades en Química Ambiental	21
7. Eficiencia Energética en la Edificación	27
Anexos	34

1. Introducción

El 16 de Diciembre de 2005 se inauguró CIESOL. Este informe pretende compendiar las actividades desarrolladas a lo largo de 2007 y complementa al informe de 2006 (CIESOL-2006-Dirección-01) disponible en las páginas web del centro (<http://www.ciesol.es/docum/CIESOL-2006-Direcci%F3n-01.pdf>). Es necesario remarcar que en el segundo año de andadura, las actividades científicas relacionadas con nuevos proyectos de investigación se han visto claramente aumentadas, consiguiéndose hasta un total de **5 nuevos proyectos y 4 contratos con empresas**. Además se ha hecho un esfuerzo considerable en la preparación de propuestas de nuevos proyectos, tanto al Plan Nacional de Investigación, como al VII Programa marco de la UE. De todo ello se da cuenta en las siguientes páginas.

Durante 2007 se ha completado la puesta en marcha de los laboratorios de CIESOL por parte de los grupos involucrados, estando disponibles aún dos laboratorios con vista a posibles ampliaciones de los grupos de investigación reunidos en el centro.

Otro hito relevante ha sido la instalación de dos plantas piloto gemelas para poder realizar experimentación en fotoquímica solar en condiciones lo más reales posible. Estas plantas han sido diseñadas y construidas con el objetivo fundamental de ser utilizadas para experimentos de descontaminación de aguas mediante fotocátalisis solar.

Respecto a actividades de formación cabe reseñar el éxito conseguido con el I MASTER EN ENERGÍA SOLAR, pionero en España. Este Master, de 300 horas de duración, comenzó el pasado 19 de Octubre de 2006, contando con 30 alumnos, y finalizó durante 2007. Durante Octubre de 2007 se ha comenzado el II MASTER EN ENERGÍA SOLAR.

Cabe reseñar también la buena acogida de la página Web de CIESOL, con dominio propio (<http://www.ciesol.es/>) y que sirve además de vía de comunicación del centro hacia la sociedad, dónde se recogen las actividades principales y además se incluye información de interés, como son, por ejemplo, estos informes anuales.

2. Actividades en Organometálica y fotoquímica

2.1. NUEVOS VINILIDENOS Y ALENILIDENOS DE RUTENIO CON FOSFINAS SOLUBLES EN AGUA: ESTUDIO DE SUS PROPIEDADES EN DISOLUCION ACUOSA

Participantes: Grupo de Inv. “Química de Coordinación, Organometálica y Fotoquímica” (CIESOL, Univ. de Almería).

Contactos: A. Romerosa Nievas (romerosa@ual.es), Christoph Richter (christoph.richter@dlr.de). <http://www.ual.es/GruposInv/FQM-317/>

Fuente de financiación: MEC

Duración prevista: Enero 2007- Diciembre 2009.

Situación: En curso.

Antecedentes: La catálisis homogénea es uno de los medios más utilizados para la producción industrial de compuestos químicos. A pesar de lo útil que es, dicho procedimiento está aquejado de algunos problemas como la necesidad de uso de disolventes orgánicos, muy contaminantes, la imposibilidad de una fácil reutilización de los catalizadores o necesitar energía térmica.

Objetivos: Se pretenden desarrollar nuevos catalizadores homogéneos solubles en agua que medien reacciones de síntesis orgánica inducidas mediante luz solar. Dichos catalizadores permitirían obtener compuestos químicos con bajo impacto ambiental y energético al usar agua como disolvente, poder reutilizar el catalizador, fácil separación de los productos y el uso de la radiación solar como fuente de energía.

Resultados durante 2007: Los resultados obtenidos durante el 2007 han sido realmente motivadores, destacando: a) se ha desarrollado un método para isomerizar alquenos mediante luz visible a temperatura ambiente; b) se ha determinado un procedimiento que permite hidrogenar alquenos terminales selectivamente a temperatura ambiente, con presión de H₂ de 1 atmósfera y con luz visible y en agua; c) se han obtenido nuevos complejos organometálicos novedosos que presentan actividad catalítica en fase homogénea tanto con luz como sin la misma.

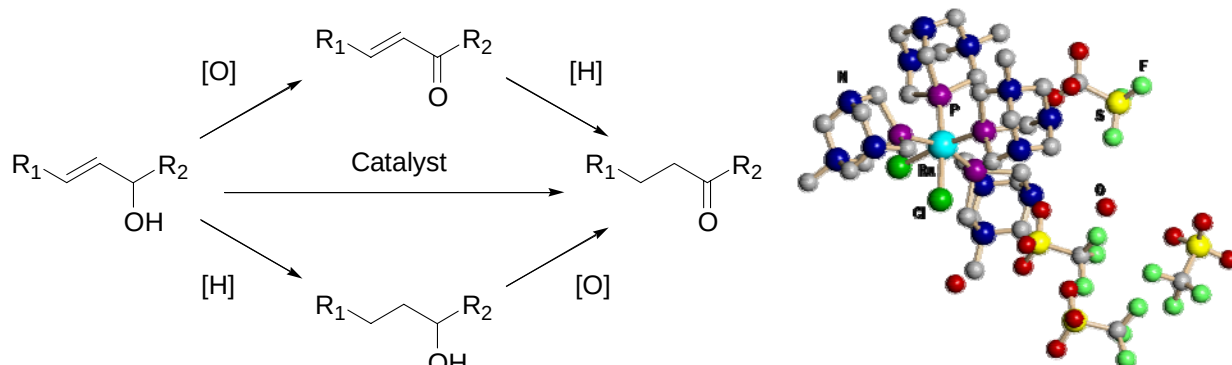


Figura 2.1. Fotoisomerización de alquenolos. Estructura cristalina del catalizador.

Publicaciones.

Vitaly Gutkin, Jenny Gun, Petr V. Prikhodchenko, Ovadia Lev, Luca Gonsalvi, Maurizio Peruzzini, Antonio Romerosa, Tatiana Campos Malpartida, Chaker Lidrissi. *Electrochem. Soc.*, **2007**, 154(1), F7-F15.

Antonio Romerosa, Mustapha Saoud, Tatiana Campos-Malpartida, Chaker Lidrissi, Manuel Serrano-Ruiz, Maurizio Peruzzini, Jose Antonio Garrido-Cárdenas, Federico García-Maroto. *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2007**, 2803-2812 (10º Aniversario)

P. Bergamini, V. Bertolasi, A. Canella, R. Gavioli, N. Mantovani, S. Mañas, A. Romerosa *Inorg. Chem.* **2007**, 46, 4267-4276

Adrián Mena-Cruz, Pablo Lorenzo-Luis, Antonio Romerosa, Mustapha Saoud, Manuel Serrano-Ruiz. *Inorg. Chem.* **2007**, 46, 6120-6128

Chiara Ciardi, Antonio Romerosa, Manuel Serrano-Ruiz, Luca Gonsalvi, Maurizio Peruzzini, and Gianna Reginato. *J. Org. Chem.* **2007**, 72, 7787-7789

Ru(II) Complexes of Water Soluble Phosphines DPPETS and PTA for Applications in Aqueous Phase Catalysis. Ines Mallqui, Luca Gonsalvi, Maurizio Peruzzini, Antonio Romerosa, Manuel Serrano. *Aquachem*, 3rd Annual Meeting Debrecen, Hungary, 12-14 January, **2007**. Conf: 1

Water Soluble Ruthenium Complex Containing MPTA (MPTA= N-Methyl-1,3,5-Triaza-7-Phosphaadamantane): Coordinative and Photochemical Properties. Antonio Romerosa, Sonia Mañas, Chaker Lidrissi, Manuel Serrano. *Aquachem*, 3rd Annual Meeting Debrecen, Hungary, 12-14 January, **2007**. Conf: 9

New Water Soluble Phosphine Ligands Containing Amino-Acid Groups. Emma Petersen, Manuel Serrano, Chiara Ciardi, Antonio Romerosa. *Aquachem*, 3rd Annual Meeting Debrecen, Hungary, 12-14 January, **2007**. Conf: 10

Synthesis of Dmpta and its Complex [RuClCP(HDMOPTA)(PPh₃)](CF₃SO₃). Antonio Romerosa. Final Meeting of Cost Action D29 on Sustainable/Green Chemistry and Chemical Technology. June 29-30 **2007**, Delf University of Technology Delft, The Netherlands. Conference Session 3, 8:30-9:00.

Photochemical Properties of [RuCl₂(MPTA)₄]: a New Water Soluble Ruthenium Complex. Girotti, R; Mañas, S; Serrano, M; Aoulad, M; Romerosa, A. XXIII International Conference on Photochemistry. University of Cologne, Germany. July 29-August 3, **2007**. P342, pp 586.

Synthesis and Characterization of the New Water Soluble Ligand DMPTA and its Ruthenium Complexes (DMPTA = N,N'-Dimethyl-1,3,5-Triaza-7-Phosphaadamantane). Adrián Mena-Cruz, Pablo Lorenzo-Luis, Antonio Romerosa, Mustapha Saoud, Manuel Serrano-Ruiz. XXXV Congresso Nazionale Della Divisione Di Chimica Inorganica Della Società Chimica Italiana. Actas Del Congreso. I.S.U. Milano (Italia) Sala A. Levi, 3-7 Settembre **2007**. Comunicación Oral. O01

Photochemical Isomerization of Allylic Alcohols Under Mild Conditions Mediated by Water Soluble Ruthenium Complexes. R. Girotti, S. Mañas, A. Romerosa. XVII Eucchems Conference On Organometallic Chemistry: Eicjhemms Events No. 346. September 1-6 **2007**, Sofia, Bulgaria. pp106. Pag. 166.

Synthesis and Reactivity of Water Soluble Allenylidene Ruthenium Complexes Bearing CP(CONC(CH₃)₃)₂ Ligand and PPH₃, PTA, MPTA and TPPMS. Inocenta Mery Mallqui Ayala, Manuel Serrano Ruiz, Antonio Romerosa, Luca Gonsalvi And Maurizio Peruzzini. 6th International School of Organometallic Chemistry. Camerino, Italy, 8-12 September **2007**. pp 83.

Study of the Deprotection of a Phosphine-Borane Complex. Theoretical and Experimental Results. Emma Petersen, Chiara Ciardi, Manuel Serrano Ruiz, Gábor Kovács, Antonio Romerosa, Augusti Lledos, Maurizio Peruzzini, Gianna Reginato. 6th International School of Organometallic Chemistry. Camerino, Italy, 8-12 September 2007.pp 106.

2.2 FABRICACIÓN AUTOMATIZADA DE MOSAICOS DE BLANCO MACAEL

Participantes: Grupo de Inv. “Química de Coordinación, Organometálica y Fotoquímica” (CIESOL, Univ. de Almería).

Contactos: A. Romerosa Nievas (romerosa@ual.es), Christoph Richter (christoph.richter@dlr.de). <http://www.ual.es/GruposInv/FQM-317/>

Fuente de financiación: Centro Tecnológico Andaluz de la Piedra.

Duración prevista: 13/07/2006 – 13/07/2007.

Situación: Firmado.

Antecedentes: Las resinas son indispensables para el tratamiento y consolidación de la piedra natural. Para que el resultado sea utilizable en exteriores las resinas deben ser resistentes al sol y para ello es indispensable el uso de aditivos especiales que retarden la descomposición de los enlaces orgánicos por parte de la radiación solar.

Objetivos: Desarrollar nuevos aditivos retardantes de la rotura de enlaces en moléculas de resina mediante la radiación solar.

Resultados durante 2007: Pendiente de informe a empresa.

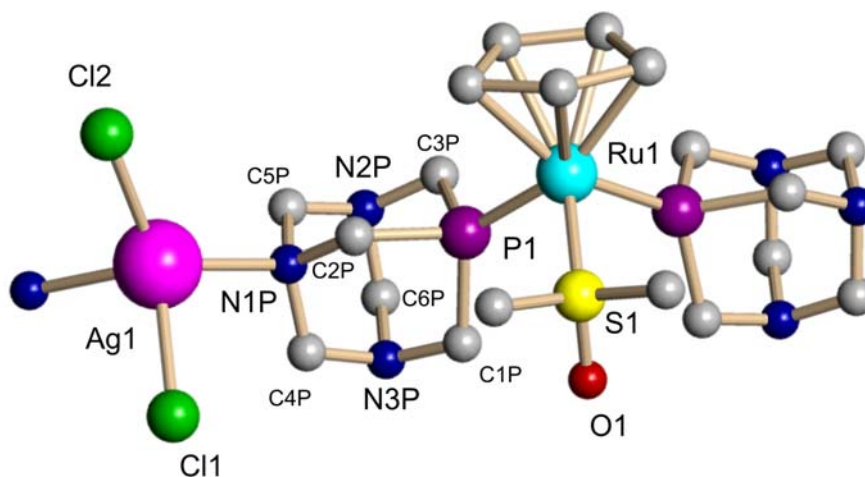


Figura 2.2. Estructura cristalina de un complejo de Ag-Ru como posible aditivo para proteger a resinas de la acción de la radiación ultravioleta.

Publicaciones: Resultados, declarados secretos por la empresa.

3. Actividades en Tratamiento de Aguas

3.1. DESARROLLO DE SISTEMAS ACOPLADOS DE OXIDACIÓN (FOTOCATÁLISIS SOLAR Y OXIDACIÓN BIOLÓGICA) PARA LA DEPURACIÓN DE EFLUENTES ACUOSOS CONTAMINADOS CON PLAGUICIDAS NO BIODEGRADABLES

Participantes: Grupo de Inv. “Ingeniería de Bioprocesos y Tecnologías del Agua” (CIESOL, Univ. de Almería); Dept. de Ingeniería Textil de la Univ. Polit. de Valencia; Unidad de “Aplicaciones Medioambientales” de la Plataforma Solar de Almería (CIESOL, CIEMAT), (coordinador).

Contactos: J. A. Sánchez (jsanchez@ual.es); Ana M^a Amat (aamat@txp.upv.es); S. Malato, sixto.malato@psa.es

<http://www.psa.es/webesp/projects/fotobiox/index.html>

Fuente de financiación: MEC, Proyecto coordinado.

Duración prevista: Octubre, 2006 - Octubre, 2009.

Situación: En curso

Antecedentes: Aunque actualmente existe información acerca de la posibilidad de combinar métodos de tratamiento basados en la oxidación química de contaminantes no biodegradables hasta conseguir que lo sean, la mayoría de esta información se circunscribe a la evaluación de parámetros globales como DBO₅, DQO y COT y a la utilización de fangos activados de depuradora en pequeños dispositivos de laboratorio. La información sobre cinéticas de ambos procesos (químico y biológico) integrados y las propiedades tóxicas e inhibitorias de los diferentes compuestos que se generan durante el pre-tratamiento de oxidación es realmente escasa. Más aún, la poca experimentación llevada a cabo en planta piloto ha sido hasta ahora una de las razones principales para la ausencia de aplicaciones industriales en este campo

Objetivos:

1. Estudiar la detoxificación de mezclas de pesticidas mediante fotocátalisis con la utilización de técnicas de modelizado de experimentos y diseño experimental.
2. Estudio de las rutas de degradación de contaminantes y la influencia de los intermedios formados con la detoxificación y el aumento de biodegradabilidad de las aguas tratadas.
3. Estudiar la influencia sobre fotodegradación y toxicidad de otros contaminantes presentes en las aguas residuales junto a los plaguicidas.
4. Diseño de un sistema específico de depuración biológica basado en microorganismos adaptados a la naturaleza química de los contaminantes pretratados mediante fotocátalisis..
5. Diseño y construcción de un sistema integrado fotocátalisis-biológico a escala planta piloto.
6. Estudio de las variables del proceso.
7. Evaluación de la operatividad del sistema y evaluación económica del proceso

Resultados durante 2007 (correspondientes al subproyecto desarrollado en CIESOL): Se ha estudiado la biodegradabilidad de una mezcla de cuatro plaguicidas (Laition, Metasystox, Sevnol y Ultracid) y de dos plaguicidas de forma individual (Alachlor y Pyrimethanil) parcialmente oxidados mediante foto-Fenton. La biodegradabilidad ha sido evaluada a diferentes tiempos de

tratamiento foto-Fenton mediante cultivos bacterianos de *Pseudomonas putida* CECT 324 en matraz Erlenmeyer de 250 mL, demostrándose que es un método rápido y fiable.

Para la mezcla de cuatro plaguicidas el tiempo de tratamiento de foto-Fenton crítico para obtener muestras biodegradables se observó en torno a 90 min < t_{30W} < 110 min. Se llevó a cabo un escalado con una columna de burbujeo 12 L para estudiar la cinética del proceso (Figura 3.1) ajustándose el modelo de crecimiento a una ecuación de cinética inhibitoria tipo Andrews (Ecuación 3.1). Para la mezcla los valores de μ_{max} , K_S y K_I fueron de 0.65 h^{-1} , 23.5 mg L^{-1} y 84 mg L^{-1} que, respecto a los obtenidos para el ensayo con una fuente de carbono fácilmente biodegradable, se puede concluir que la mezcla se consume mas lentamente, la bacteria tiene menos afinidad por estos sustratos y produce una mayor inhibición en el crecimiento bacteriano.

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S + (S^2 / K_I)} \quad (3.1)$$

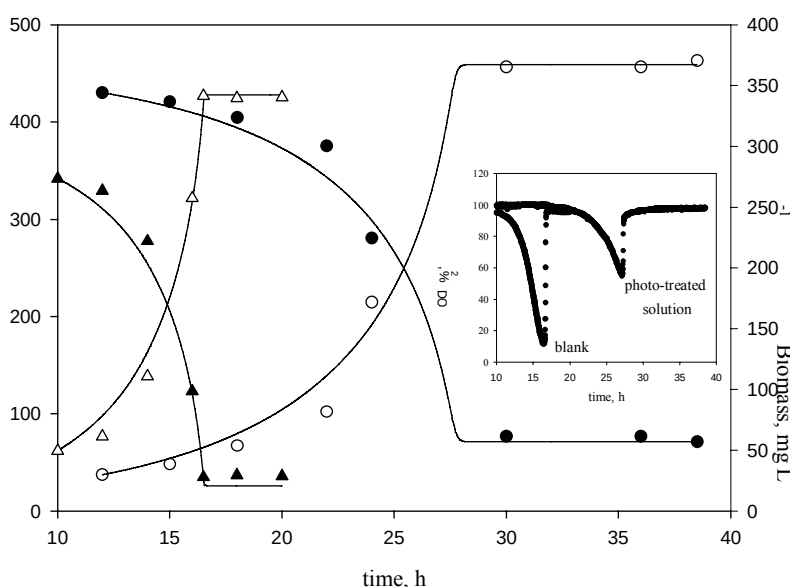


Figura 3.1. Biomasa (○) y consumo de COD (●) para el experimento en blanco y biomasa (△) y consumo de COD (▲) para la mezcla fototratada en un biorreactor columna de burbujeo. Las líneas sólidas representan las estimaciones del modelo.

Para los pesticidas individuales (Figura 2) el tiempo de tratamiento foto-Fenton crítico se obtuvo en torno a 100 min. La biodegradabilidad del plaguicida Pyrimethanil aumenta con el tiempo de tratamiento, sin embargo, para el Alachlor existe un tiempo al cual se obtienen intermedios más tóxicos. Según el estudio cinético la afinidad de la bacteria por el Pyrimethanil es similar a la del Alachlor ($K_{SP} = 55$ y $K_{SA} = 55.2 \text{ mg L}^{-1}$) y la inhibición es importante en ambos casos ($K_{IP} = 110$ y $K_{IA} = 112 \text{ mg L}^{-1}$) pero la velocidad de crecimiento de *P. putida* es mucho mayor en Alchlror ($\mu_{maxA} = 0.71 \text{ h}^{-1}$), que en Pyrimethanil ($\mu_{maxP} = 0.59 \text{ h}^{-1}$).

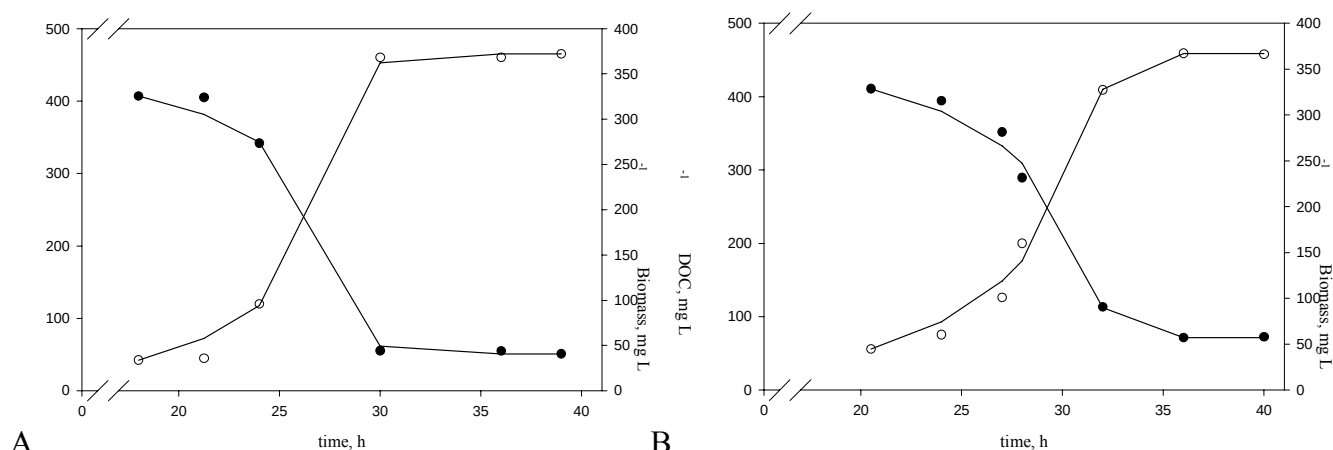


Figura 3.2. Biomasa (○) y consume de COD (●) en un biorreactor columna de burbujeo. A: disolución de Alachlor fototratado y B: disolución de Pyrimethanil fototratado. Las líneas sólidas representan las estimaciones del modelo.

Publicaciones.

P. Fernández-Ibáñez, S. Malato, J. Tello, J.A. Sánchez-Pérez, A. M. Amat. Eliminación de fitopatógenos y contaminantes en agua mediante fotocatalisis solar. *TecnoAmbiente*. 172: 17-21 (2007).

M. M. Ballesteros Martín, J. A. Sánchez Pérez, J. L. García Sánchez, J. L. Casas López, F. G. Acién Fernández y S. Malato Rodríguez. A kinetics study on the biodegradation of synthetic wastewater simulating effluent from an Advanced Oxidation Process using *Pseudomonas putida* CECT 324. *J. Hazardous Materials*. (2007), doi:10.1016/j.jhazmat.2007.06.053

M. M. Ballesteros Martín, J. A. Sánchez Pérez, F. G. Acién Fernández, J. L. Casas López, A. M. García-Ripoll, A. M. Amat, I. Oller, S. Malato Rodríguez. Degradation of a commercial pesticide mixture by combined photo-Fenton and *Pseudomonas putida* biological oxidation. *Chemosphere*. (2007), doi:10.1016/j.chemosphere.2007.08.027

I. Oller, S. Malato, J. A. Sánchez-Pérez, M. I. Maldonado, R. Grassó, W. Gernjak, J. Blanco. Biodegradability enhancement of wastewater containing five common pesticides by solar AOPs. *Catalysis Today*, 129, 69-78, (2007).

I. Oller, S. Malato, J. A. Sánchez-Pérez, W. Gernjak, M. I. Maldonado, L. A. Pérez-Estrada, C. Pulgarín. A combined solar photocatalytic-biological field system for the mineralization of an industrial pollutant at pilot scale. *Catalysis Today*. 122: 150-159 (2007).

I. Oller, S. Malato, J.A. Sánchez-Pérez, M.I. Maldonado, W. Gernjak, L. A. Pérez-Estrada, J. A. Muñoz, C. Ramos, C. Pulgarín. Pre-Industrial-Scale Combined Solar Photo-Fenton and Immobilised Biomass Activated-Sludge Bio-treatment. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 46, 7467-7475, (2007).

I. Oller, S. Malato, J. A. Sánchez-Pérez, M. I. Maldonado, W. Gernjak, L. A. Pérez-Estrada. Advanced oxidation process-biological system for wastewater containing a recalcitrant pollutant. *Water Science and Technology*. 55(12): 229-235 (2007).

M. M. Ballesteros Martín, J. A. Sánchez Pérez, F. G. Acién Fernández, L. Montes de Oca, J. L. Casas López, I. Oller, S. Malato Rodríguez. Degradation of alachlor and pyrimethanil by combined photo-Fenton and biological oxidation. *Journal of Hazardous Materials*. Aceptado (2007)

A. García-Ripoll; A. M. Amat; A. Arques; R. Vicente; M.F. López; I. Oller; M.I. Maldonado; W. Gernjak. Increased biodegradability of Ultracid in aqueous solutions with solar TiO₂ photocatalysis. Chemosphere 68 (2007) 293-300.

3.2. COLABORACIÓN TÉCNICA NECESARIA PARA EL PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE OXIDACIÓN AVANZADA PARA ARI TÓXICAS O DIFÍCILMENTE BIODEGRADABLES

Participantes: Grupo de Inv. “Ingeniería de Bioprocesos y Tecnologías del Agua” (CIESOL, Univ. de Almería).

Contactos: J. A. Sánchez (jsanchez@ual.es)

Fuente de financiación: NILO MEDIO AMBIENTE.

Duración prevista: Diciembre, 2006 - Diciembre, 2007.

Situación: En curso

Antecedentes: declarados secretos por la empresa.

Objetivos: declarados secretos por la empresa.

Resultados durante 2007: Pendiente de informe a empresa.

3.3. ACUERDO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE EL CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT) Y LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA (UAL) SOBRE "PROCESOS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS DE DESALACIÓN SOLAR"

Participantes: Grupo de Inv. “Ingeniería de Bioprocesos y Tecnologías del Agua” (CIESOL, Univ. de Almería). Unidad de “Aplicaciones Medioambientales” de la Plataforma Solar de Almería (CIEMAT).

Contactos: J. A. Sánchez (jsanchez@ual.es), J. Blanco (julian.blanco@psa.es)

Fuente de financiación: CIEMAT

Duración prevista: Octubre, 2007 - Septiembre, 2010.

Situación: Aprobado

Antecedentes: Que el CIESOL, como Centro Mixto de la UAL y el CIEMAT, está formado por investigadores pertenecientes a ambas entidades (UAL y CIEMAT), figurando el tratamiento de aguas mediante energía solar entre sus líneas básicas de actividad, como lo demuestra la realización de tesis doctorales, la participación en proyectos relevantes de I+D y la publicación de numerosos artículos en revistas internacionales en este ámbito. El CIEMAT y la UAL (en el marco del CIESOL) tienen interés mutuo en el desarrollo de técnicas y tecnologías para la aplicación de la energía solar a procesos relacionados con el agua, que se estiman importantes para la gestión de agua en toda la cuenca mediterránea en un futuro cercano y, por lo tanto, constituyen un tema de investigación de gran interés..

Objetivos: El objeto del presente Acuerdo es regular la cooperación entre la División del CIEMAT, Plataforma Solar de Almería, y la UAL, Grupo de Investigación “Ingeniería de

Bioprocesos y Tecnologías del Agua”, en el marco del CIESOL, para el desarrollo del área de Desalación Solar en general. La UAL, a través del CIESOL, apoya al CIEMAT a través del asesoramiento científico, recopilación y clasificación de información, análisis, desarrollo de herramientas informáticas y realización de experiencias utilizando las instalaciones existentes, tanto en la PSA como en el CIESOL.

Resultados durante 2007: No procede. Actividad recién iniciada.

3.4. ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN

Artículo de prensa publicado en La Razón, Suplemento Verde, 1 de julio de 2007

A TU SALUD • Domingo, 1 de julio de 2007

Verde
ENERGÍAS LIMPIAS

23

Maria Tomé
Madrid

Electricidad, calefacción, refrigeración y ahora también depuración. «Limpiar» las aguas residuales a través del uso de la energía solar ya es posible. Este es el objetivo de la investigación que están realizando conjuntamente la Universidad de Almería, la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y la Plataforma Solar de Almería, en busca de una alternativa barata, ecológica y más efectiva que los métodos tradicionales.

Ana Amat, subdirectora de investigación de la UPV explica que «se busca aplicar la energía que procede del sol para eliminar las partículas contaminantes presentes en los vertidos de las industrias, que no se logran disolver por tratamientos biológicos, es decir, por los procedimientos habituales».

La importancia de la investiga-

El proceso necesita de unos catalizadores que activan y aceleran el potencial de los rayos de sol

ción radica en que en las aguas residuales existen unos compuestos orgánicos que van a producir una gran carga contaminante y que impide que este bien se reutilice para otros fines, como por ejemplo la agricultura, que consume el 75 por ciento de los recursos hidrológicos nacionales.

Para solventar esto, las depuradoras municipales no son suficientes. El tratamiento convencional que utilizan no es efectivo para eliminar todas las partículas tóxicas. «Los procesos biológicos se sirven de una serie de microorganismos en cultivo que se comen las partículas que infectan el agua. Sin embargo, hay muchos compuestos que no pueden ser asimilados por estos microbios, por lo

Científicos españoles depuran agua residual con energía solar

LOS MÉTODOS TRADICIONALES SON INSUFICIENTES PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN DE LAS INDUSTRIAS. POR ELLO, LA PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA, LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA Y LA POLITÉCNICA DE VALENCIA ESTUDIAN ESTA FUENTE RENOVABLE COMO UNA OPCIÓN EFECTIVA PARA LIMPIAR «LAS AGUAS NEGRAS»

Planta de detoxificación

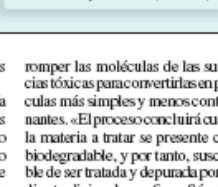
1 Depósito de llenado y recirculación de agua contaminada.



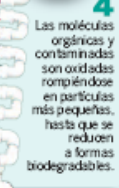
2 Un experto está vertiendo un colorante de una industria textil dentro del tanque.



3 El agua contaminada pasa por un fotoreactor (sistema tubular expuesto al sol), que concentra la luz generando sustancias muy oxidantes (radicales).



4 Las moléculas orgánicas y contaminadas son oxidadas rompiéndose en partículas más pequeñas, hasta que se reducen a formas biodegradables.



5 Tras el paso por el fotoreactor el agua ya está lista para depurarse a través de los sistemas convencionales.



Infografía LARAZÓN

que hay que buscar otras alternativas de oxidación», explica Amat.

En este punto entra la energía solar, o mejor dicho la fotocatalisis solar. Según explica José Antonio Sánchez, responsable del proyecto en la Universidad de Almería, «se basa en un proceso de oxidación a través de la energía solar, en base a unos catalizadores (dióxido de titanio o hierro) que activa y acelera el potencial de los rayos de sol».

Gracias a ello, se generan unas sustancias que son muy oxidantes –radicales hidróxido–, y capaces de

romper las moléculas de las sustancias tóxicas para convertirlas en partículas más simples y menos contaminantes. «El proceso concluye cuando la materia a tratar se presente como biodegradable, y por tanto, susceptible de ser tratada y depurada por medios tradicionales», afirma Sánchez.

En cuanto al tiempo necesario, Amat no da datos concretos. «Depende de las circunstancias. Es decir, de los contaminantes, del tipo de industria, etcétera. Lo ideal sería depurar todo el agua de una fábrica en un día».

Los expertos lo tienen claro: el be-

neficio de este proyecto es la utilización de una fuente de energía inagotable como es el sol, así como la eliminación de los residuos tóxicos de las aguas industriales que, con el paso del tiempo, acaban depositándose en el ambiente.

DOS FASES

Hasta la fecha se han desarrollado dos proyectos, ambos financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia. «La primera investigación, denominada Fotodeox, se puso en marcha hace tres años. Con ésta se

intentó demostrar que la fotocatalisis es una técnica viable para depurar los plaguicidas –sustancia a tratar en esta fase–. Además, buscamos métodos para mejorar el proceso, optimizar el tiempo, etcétera», asegura Amat.

El segundo proyecto, Fotobiox, es un paso más en la investigación inicial. «Queríamos justificar que no es necesario oxidar las partículas hasta depurarlas totalmente, sino que lo más económico y factible es una integración entre la fotocatalisis solar y los métodos tradicionales. En esta segunda fase –en la que todavía estamos trabajando– lo que buscamos es averiguar cuál es el tiempo que se necesita de fotocatalisis, para que estos compuestos dejen de ser tóxicos y puedan ser tratados en la depuradora normal», continúa Amat.

En concreto, y aunque todavía es una investigación en proceso, Almería ya tiene una planta de fotocatalisis solar para el reciclado de envases de productos fito- sa-

El beneficio reside en la eliminación de los residuos tóxicos que al final se depositan en el ambiente

nitarios. Manuel Maldonado, investigador del departamento de Detoxificación y Desinfección de Aguas, explica que «la planta Albaida S.A., ubicada en la Mojónera, es la primera que existe en España con este funcionamiento. Existen otros proyectos, pero todavía no han cristalizado».

Aunque esta forma para la reutilización de las «aguas negras», cada vez se presenta como más factible, los expertos aseguran que sólo se está estudiando en industrias. «El proyecto no busca la depuración para consumo humano, ya que es muy difícil que, comercialmente, la sociedad lo admita. ¿Quién compraría agua embotellada reciclada de una depuradora?», concluye Sánchez.

3.5. MONTAJE DE PLANTA PILOTO SOLAR

Durante el año 2007 se han montado en el edificio CIESOL dos plantas piloto gemelas (Figura 3.3) de 2.25 m² para realizar foto-Fenton. Cada planta consta de un tanque de polipropileno, una bomba centrífuga para recirculación, tubería de polipropileno, valvulería (Figura 3.4A), y un módulo de CPC soportado sobre un armazón de aluminio (Figura 3.4B) inclinado 37° (latitud local). Estos módulos están fijados sobre una estructura metálica elevada a unos 5 m de altura.

Cada módulo CPC tiene 10 tubos vidrio Pyrex de 50 mm diámetro y 2,8 mm espesor. Además, los tubos están conectados con uniones de PVC y codos de polipropileno en los extremos. Posee una cobertura de protección de metacrilato, sensores en línea (T, pH, oxígeno disuelto), sistemas de calentamiento (3600 W) con control de temperatura y un sensor de medición de radiación ultravioleta solar global. El volumen total del reactor es de 91.7 L (volumen iluminado: 21.9 L, volumen del tanque: 50 L y volumen de conducciones: 19.8 L). El diseño de la valvulería y conducciones permite la operación de ambas plantas individualmente, cruzadas o combinadas.

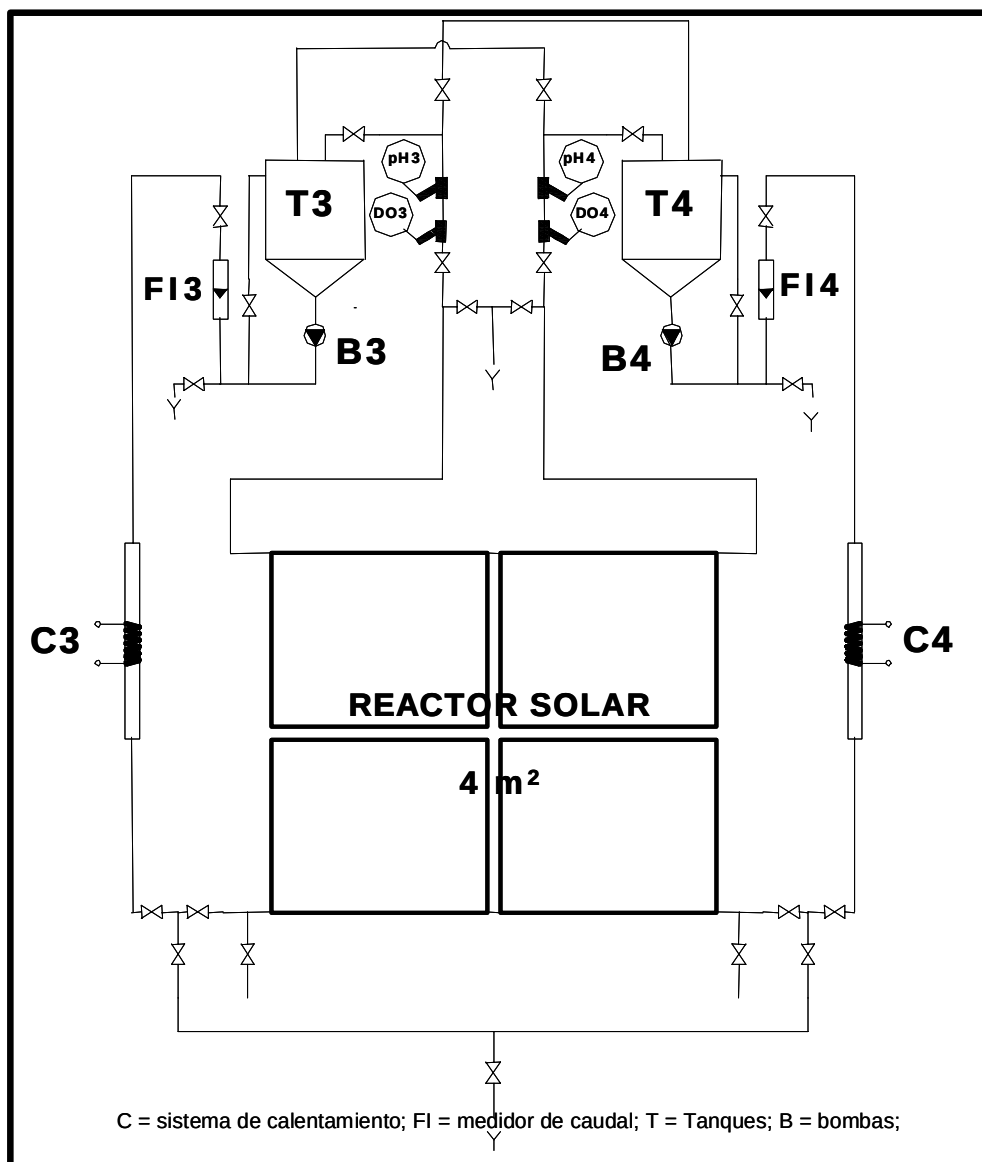


Figura 3.3. Esquema de funcionamiento del prototipo para Foto-Fenton



A



B

Figura 3.4. Fotografías de las plantas piloto gemelas. A: tanques, bombas centrífugas para recirculación, tuberías y valvulería. B: Dos CPC (un módulo por planta) con cubiertas protectoras de metacrilato.

También se ha construido un prototipo para Fenton térmico (Figura 3.5) consistente en dos tanques de polipropileno gemelos (150 L). Cada tanque está provisto de una bomba centrífuga para recirculación, tubería de polipropileno y valvulería. Además posee sensores de temperatura en línea y sistema de calentamiento (1800 W) con control de temperatura.



Figura 3.5. Fotografía del prototipo para Fenton térmico.

4. Actividades en Modelado y Control Automático

4.1 CONTROL PREDICTIVO JERÁRQUICO DE PROCESOS EN OPERACIÓN SEMICONTINUA

Participantes: Grupo de Inv. “Automática, Electrónica y Robótica” y Plataforma Solar-CIEMAT (CIESOL, Univ. de Almería). Proyecto coordinado con Universidades de Sevilla (coordinador), Valladolid y CSIC de Vigo.

Contactos: M. Berenguel (beren@ual.es); L. Yebra, luis.yebra@psa.es.
<http://www.esi2.us.es/~ridao/cpros/>; <http://aer.ual.es/CJPROS/>

Fuente de financiación: MEC

Duración prevista: Diciembre 2004 – Diciembre 2007

Situación: Finalizado

Antecedentes: Este proyecto trata sobre el desarrollo de conceptos y métodos sistemáticos de diseño de estructuras de control integral adaptadas a procesos industriales que operan en régimen semicontinuo que permitan una operación eficiente y flexible. Este tipo de procesos aparece en aplicaciones que operan en estado no estacionario y por tanto no tienen un punto de funcionamiento definido, como son los procesos por lotes (batch) o aquéllos que operan sujetos a continuos cambios de régimen a lo largo del día. Se pretende abordar el problema en su conjunto, analizando las interacciones entre estimación y los niveles de control jerárquico.

Objetivos: El proyecto aborda fundamentalmente tres problemas básicos: (i) la definición de una normativa de modelado y el desarrollo de una estructura abierta de modelado y simulación, que permita y facilite la utilización de modelos en distintos esquemas de control integral: a nivel de simulación, identificación, control, optimización, etc., (ii) el desarrollo de estimadores de estado para esta clase de procesos y (iii) el desarrollo de estrategias de control predictivo jerárquico que integren todos los niveles de producción, desde el control de las variables físicas (regulación) hasta los niveles de optimización económica y gestión de recursos, estudiando la estabilidad, robustez y convergencia de los esquemas desarrollados cuando se considera el sistema en su conjunto y cuando el sistema se encuentra sometido a errores de modelado y perturbaciones en cualquiera de los niveles de la jerarquía de control.

Los algoritmos desarrollados se están aplicando a procesos considerados representativos de sistemas que se pueden encontrar en la industria agroalimentaria y energética: un procesamiento térmico que se emplea en la transformación y conservas de alimentos, bien como parte del proceso de cocción de la materia prima como durante el proceso de esterilización, una planta de secado rotativo, un caso de producción vegetal (invernaderos), plantas termosolares y una planta de tratamiento de aguas de proceso o efluentes industriales.

Resultados durante 2007: los desarrollos contenidos en el proyecto se han traducido en 2007 en la presentación de dos tesis doctorales por miembros integrantes, y las consecuentes publicaciones asociadas. Se han desarrollado esquemas de control jerárquico para invernaderos y plantas solares, modelos orientados a objetos de plantas solares con colectores distribuidos y algoritmos de control de sistemas con estructura bilineal.

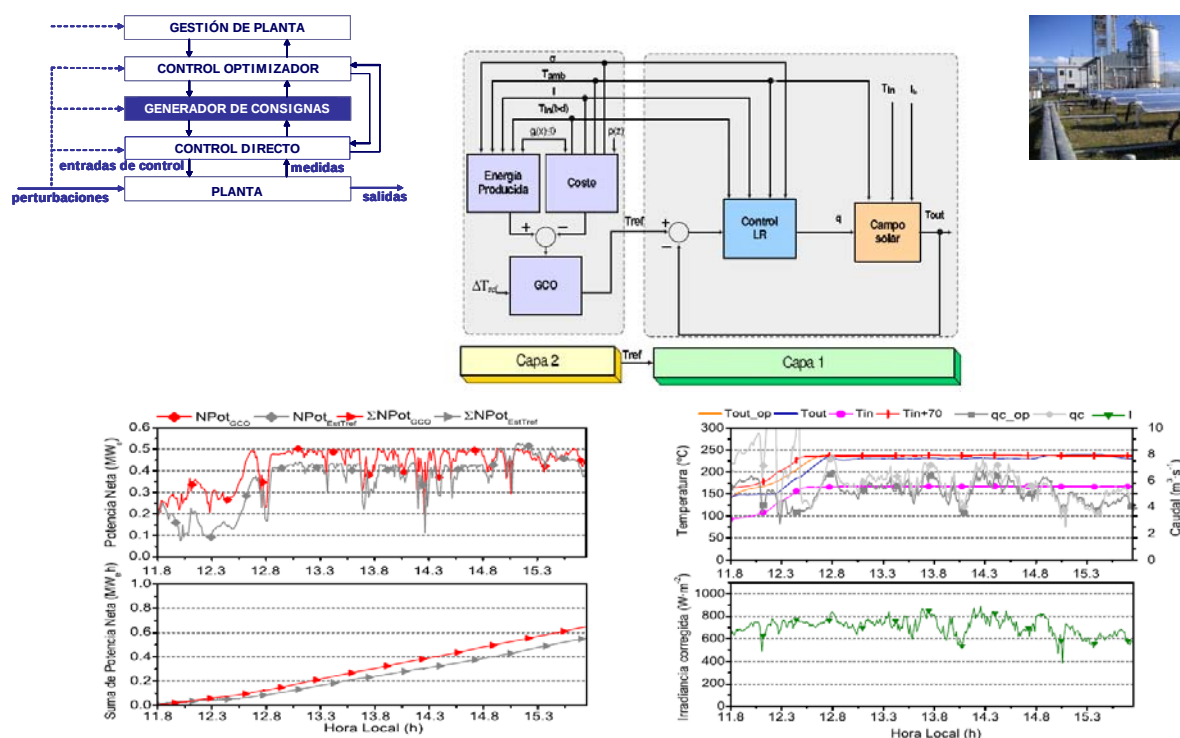


Figura 4.1. Esquema de control jerárquico

Publicaciones

J.D. Álvarez, L. Yebra, M. Berenguel. Repetitive control of tubular heat exchangers. *Journal of Process Control*, **2007**. En prensa (accesible web doi: 10.1016/j.jprocont.2007.02.003).

C.M. Cirre, M. Berenguel, L. Valenzuela, E.F. Camacho. Feedback linearization control for a distributed solar collector field. *Control Engineering Practice*, **2007**. Aceptado.

L. Roca, L. Yebra, M. Berenguel, D. Alarcón. Preliminary modelling and control studies in Aquasol Project. *Desalination*. **2007**, vol. 222, pp. 466-473..

[F. Rodríguez, J.L. Guzmán, M. Berenguel, M.R. Arahál. Adaptive hierarchical control of greenhouse crop production. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*. **2007**. Aceptado.

H. Maciejewski, L. Valenzuela, M. Berenguel, J.F. Reche, K. Adamus, M. Jarnicki. Performing direct steam generation solar plant analysis through data mining. *Journal of Solar Energy Engineering – Transactions of the ASME*. **2007**. Aceptado.

E.F. Camacho, F.R. Rubio, M. Berenguel, L. Valenzuela. A survey on control schemes for distributed solar collector fields. Part I: modelling and basic control approaches. *Solar Energy*, **2007**, vol 81, pp. 1240-1251.

E.F. Camacho, F.R. Rubio, M. Berenguel, L. Valenzuela. A survey on control schemes for distributed solar collector fields. Part II: advanced control approaches. *Solar Energy*, **2007**. vol 81, pp. 1252-1272.

C.M. Cirre, M. Berenguel, L. Valenzuela, R. Klempous. Reference governor optimization and control of a distributed solar collector field. *European Journal of Operational Research*. **2007**. Aceptado.

M. Pérez de la Parte, C.M. Cirre, E.F. Camacho, M. Berenguel. Application of predictive sliding mode controllers to a solar plant. IEEE Transactions on Control Systems Technology. **2007**. Aceptado.

D. Lacasa, M. Berenguel, I. Cañadas, L.J. Yebra. Modelling the thermal process of copper sintering in a solar furnace. Journal of Solar Energy Engineering – Transactions of the ASME. **2007**. Aceptado.

J.L. Guzmán, P. García, T. Hägglund, S. Dormido, P. Albertos, M. Berenguel. An interactive way for the analysis of time-delay systems with dead-time compensators. Control Engineering Practice. **2007**. Aceptado.

J.D. Álvarez, W. Gernjak, S. Malato, M. Berenguel, M. Fuerhacker, L.J. Yebra. Dynamic models for hydrogen peroxide control in solar photo-fenton systems. Journal of Solar Energy Engineering- Transactions of the ASME, vol. 129, pp. 37-44, **2007**.

L.J. Yebra, M. Berenguel, S. Dormido, E. Zarza. Object oriented modelling and simulation of parabolic trough collectors with Modelica. Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems. **2007**. Aceptado.

J.L. Guzmán, T. Álamo, M. Berenguel, S. Dormido, E.F. Camacho. Robust GPC-QFT approach using Linear Matrix Inequalities. ECC07 – European Control Conference. Kos (Grecia), Julio **2007**.

Tesis:

1. Cristina Martínez Cirre: **Control jerárquico de la producción de energía mediante plantas de colectores solares distribuidos**. Directores: Manuel Berenguel Soria y Manuel Ruiz Arahál. Mayo de 2007. Sobresaliente cum laude por unanimidad.
2. Loreto Valenzuela Gutiérrez: **Control automático de plantas de generación directa de vapor con colectores solares cilindro-parabólicos**. Directores: Manuel Berenguel Soria y Eduardo Fernández Camacho. Julio 2007. Sobresaliente cum laude por unanimidad.

4.2 CONTROL JERÁRQUICO DE PROCESOS CON CONMUTACIÓN EN EL MODO DE OPERACIÓN: APLICACIONES A PLANTAS SOLARES E INVERNADEROS

Participantes: Grupo de Inv. “Automática, Electrónica y Robótica” y Plataforma Solar-CIEMAT (CIESOL, Univ. de Almería). Proyecto coordinado con Universidades de Sevilla (coordinador) e INTA.

Contactos: M. Berenguel (beren@ual.es); L. Yebra, luis.yebra@psa.es.

Fuente de financiación: MEC

Duración prevista: Octubre 2007 – Agosto 2010

Situación: Concedido

Antecedentes: Este proyecto se va a conformar como una continuación natural del proyecto CJPROS (CICYT-DPI2004-07444-C04-04) que finaliza el próximo año donde se ha llevado a cabo el diseño de sistemas de control jerárquico para procesos en funcionamiento discontinuo. Los resultados alcanzados en dicho proyecto sirven de base para la siguiente propuesta.

Objetivos: El subproyecto se centra en el desarrollo de conceptos y métodos de control predictivo jerárquico para procesos no lineales caracterizados por la existencia de escalas de tiempo en sus dinámicas características y conmutaciones en el modo de operación, debidas a

cambios de la fuente que aporta la energía principal al proceso bajo control, bien sea por cambio de actuador o porque se disponga de sistemas de apoyo o almacenamiento, que se pueden activar durante el régimen nominal cuando las condiciones de operación o los requisitos de control así lo requieran.

Dada la naturaleza de las plantas industriales sobre las que se quieren ensayar los esquemas de control desarrollados (plantas solares e invernaderos), se prestará especial interés a estructuras de control predictivo con conmutaciones en el modo de operación que hagan uso de modelos bilineales incluyendo una descripción de perturbaciones medibles.

Resultados durante 2007: Iniciado en octubre 2007

Publicaciones: Iniciado en octubre 2007

4.3 CONTRATO CON COBRA INSTALACIONES Y SERVICIOS S.A. “DISEÑO DE MODELOS Y ESTRATEGIAS DE SIMULACIÓN, CONTROL, ENSAYO Y MONITORIZACIÓN DEL LAZO SENERTROUGH”

Participantes: Grupo de Inv. “Automática, Electrónica y Robótica” (CIESOL, Univ. de Almería), Grupo de Energía Solar Térmica de Media Temperatura (CIESOL, Plataforma Solar de Almería-CIEMAT)

Contactos: M. Berenguel (beren@ual.es), Eduardo Zarza (Eduardo.Zarza@psa.es), Luis Yebra (Luis.Yebra@psa.es).

Fuente de financiación: COBRA S.A.

Duración prevista: Julio 2007 – Diciembre 2007.

Situación: En desarrollo.

Antecedentes: El alcance de la colaboración resumida en este documento consiste en el asesoramiento en la etapa de ensayos y monitorización del colector cilindro parabólico SENERTROUGH y una unidad móvil de ensayo de colectores, que permitirá certificar los valores esperados de rendimiento térmico de un lazo, así como validar su operación y mantenimiento en plantas solares comerciales.

Objetivos: Asesoramiento en:

- Pruebas de rendimiento, destinadas a caracterizar el lazo SENERTROUGH desde el punto de vista de la eficiencia de conversión (ensayos ópticos y térmicos).
- Pruebas de operación, enfocadas al estudio del comportamiento del lazo en diferentes modos de operación.
- Pruebas de mantenimiento.
- Monitorización del sistema para caracterizar su comportamiento y relación con rendimiento, operación y mantenimiento.

Resultados durante 2007: No procede

Publicaciones: No procede

5. Actividades en Evaluación del Recurso Solar

5.1 PROYECTO “PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICO SOLARES UTILIZANDO TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Participantes: Grupo de Investigación “Recursos Energético Solares y Climatología”

Contactos: Francisco Javier Batlles (fbatlles@ual.es).

Fuente de financiación: Ministerio de Educación y Ciencia

Duración prevista: 01/10/2007 al 30/09/2010

Situación: En desarrollo

Antecedentes: La predicción de la irradiancia solar, aún tan sólo de un día para otro, es una labor en extremo compleja. Parte de las dificultades surgen de la dependencia de la radiación solar con las nubes y las condiciones meteorológicas, basada intrínsecamente en procesos físicos no lineales. Otra de las dificultades está relacionada con la imprecisión de la predicción meteorológica por medio de modelos numéricos, debido igualmente a la complejidad de los procesos no lineales involucrados, y también debido a las dificultades de estimar en el futuro las propiedades ópticas de la atmósfera. Los modelos de mesoescala de predicción del tiempo utilizan por lo general algoritmos paramétricos de la radiación, ya que ésta es la principal fuente de energía en los procesos atmosféricos. Así, por ejemplo, el modelo Eta (<http://www.atmos.umd.edu/~berbery/etasam/>) empleado en la predicción del tiempo en el continente sudamericano, además de proporcionar la predicción para una diversidad de variables meteorológicas, proporciona información futura de la radiación solar en superficie. Sin embargo, tales predicciones son considerablemente sobreestimadas.

Objetivos: El objetivo fundamental de este proyecto va a consistir en predecir la radiación solar que va a incidir en una determinada localidad y en un determinado momento. Para ello se empleará una metodología basada en Redes Neuronales Artificiales, una derivación de la Inteligencia Artificial, que utilizará como principales variables de entrada datos meteorológicos e información de la cubierta nubosa. Las medidas de la cubierta nubosa se realizarían mediante una cámara de nubes, que fotografiaría cada 10 minutos la bóveda celeste. Dichos registros se complementarían con medidas de viento y presión. El análisis de la evolución temporal conjunta de las variables anteriores utilizando las técnicas de caos y de RNA, podría entonces permitir predecir con bastante exactitud los niveles de radiación en intervalos de tiempo relativamente cortos (típicamente de varias horas).

Resultados: No proceden

Publicaciones: No proceden

5.2. CONTRATO CON LA EMPRESA MILENIO SOLAR DESARROLLO DE PROYECTO S.L PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO “GENERACIÓN DE VAPOR DIRECTA A MÁS DE 500° C”.

Participantes: Grupo de Investigación “Recursos Energético Solares y Climatología

Contactos: F. Batlles (fbatlles@ual.es);

Fuente de financiación: MILENIO SOLAR

Duración prevista: Enero 2007-Diciembre 2008.

Situación: En desarrollo

Antecedentes: La producción de energía mediante colectores cilindro parabólicos está teniendo un gran desarrollo de en los últimos años, en concreto la producción de electricidad. Para una correcta ubicación de las instalaciones se hace necesario el conocimiento preciso de las componentes de la radiación solar, y más concretamente la radiación directa, que es aquella susceptible de ser concentrada. En el proyecto participan la empresa Endesa Generación de electricidad, la empresa Milenio Solar y el Grupo de Investigación Recursos Energéticos Solares. Dicho proyecto ha sido concedido.

Objetivos:

El objetivo fundamental de este proyecto es la evaluación de los recursos solares en la comarca del Marquesado (Granada) utilizando Modelos digitales del Terreno y la adaptación de los piranómetros termoelectricos a los fotovoltaicos.

Resultados durante 2007

- Desarrollo de una metodología para desarrollar un sistema de adquisición y transmisión de datos remotos de datos remotos.
- Elaboración de algoritmos para la corrección térmica y espectral de los sensores termoelectricos.
- Generación de mapas topográficos de radiación global, directa y difusa e insolación a partir de Modelos Digitales del terreno en la zona de los llanos del Marquesado.
- Desarrollo de algoritmos computacionales para modelizar la radiación solar utilizando Redes Neuronales artificiales.

Publicaciones:

Rosiek, S.; Batlles Garrido, F.J.: «A microcontroller-based data acquisition system for meteorological station monitoring». Energy Conversion, en revision, **2007**.

Batlles Garrido, F.J.; Zarzalejo, L.; Rosiek, S.; Polo; Martínez-Durbán, M.; Bosch, J.L.: «Estimation on global daily irradiation in complex topography zones using digital elevation models anda meteosat images: comparison of the results». Energy Conversion and Management, en revision, **2007**.

Batlles Garrido, F.J.; Bosch, J.L.; Tovar-Pescador, J.; Martínez-Durbán, M.; Ortega, R.; Miralles, I.: «Determination of atmospheric parameters to estimate global radiation in areas of complex topography. Generation of a global irradiation map». Energy Conversion and Management. In press, **2007**.

Bosch, J.L.; López, G.; Batlles Garrido, F.J.: «Daily solar irradiation estimation over a mountainous area using artificial neural networks». Renewable Energy, in press, **2007**.

6. Actividades en Química Ambiental

6.1 INNOVATIVE AND INTEGRATED TECHNOLOGIES FOR THE TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER

Participantes: Italian Water Research Institute (coordinador del proyecto), Italia. CIEMAT-PSA (CIESOL-UAL) + 6 otras instituciones de investigación de Países Bajos, Alemania, Reino Unido, Noruega, Suecia, Australia. 9 socios industriales de los mismos países, entre ellos Albaida S.A., España.

Contactos: Amadeo R. Fernández-Alba (amadeo@ual.es); Sixto Malato (sixto.malato@psa.es)

Fuente de financiación: 6th FP-UE (PRIORITY 6.6/3). "GLOBAL CHANGE AND ECOSYSTEMS".

Duración prevista: 1 Noviembre 2006 a 31 Octubre 2009.

Situación: En curso

Antecedentes: Los costes de operación de los Procesos de Oxidación Avanzada (P.O.A.) para el tratamiento de aguas conteniendo contaminantes persistentes son elevados. En todo caso, su uso como etapa de pre-tratamiento para aumentar la biodegradabilidad de esas aguas puede estar justificada si el biotratamiento es capaz de degradar los intermedios resultantes del P.O.A.

Objetivos: El proyecto Innowatech pretende desarrollar una serie de procesos de tratamiento de aguas residuales procedente de actividades industriales. Los procesos utilizados (biomasa aeróbica granulada, combinación de procesos de oxidación avanzada combinados con tratamiento biológico, integración de procesos de membrana) están considerados como innovadores y de potencial alto. Las tecnologías se aplicarán a distintas corrientes procedentes de industria (lixiviado, farmacéutico, lavado de botes de pesticidas, industria papelera etc.). De tal forma el proyecto pretende a la vez (i) solucionar una serie de problemas de aguas residuales reales (ii) generar información científica respecto a procesos considerados como innovadores. El trabajo en CIESOL se encuadra en el paquete de trabajo 2 (WP2) del que la PSA es coordinador y CIESOL es subcontratado para desarrollo de métodos analíticos mediante LC-MS y toxicidad que puedan ser aplicados en evaluación de tratamientos de oxidación avanzada y biológicos.

Resultados durante 2007 (correspondientes a las tareas desarrolladas en CIESOL):

Se ha seleccionado para su estudio un grupo de tres antibióticos: flumequina (FLU), Trimetoprim (TMP) y ácido nalidíxico (ACN), de amplio uso en la industria acuícola en la prevención de enfermedades infecciosas (Fig. 6.1). Hasta el momento para FLU y TMP se ha estudiado el proceso de fotólisis directa. Además, se han realizado experimentos de degradación solar en plantas piloto utilizando la tecnología de colectores cilíndrico parabólicos (CPCs). Se han probado dos procesos de tratamiento: fotocátalisis con TiO₂ y foto-Fenton. La degradación de FLU fue estudiada para dos matrices distintas, agua MilliQ y agua de mar reconstituida. Las técnicas analíticas utilizadas para la evaluación de los procesos han sido: HPLC-DAD, IC, TOC y LC-TOF-MS. Estas técnicas han permitido observar la degradación (estudio cinético), mineralización e intermedios generados durante los procesos de tratamiento. Como ejemplo la Fig 2 muestra los resultados obtenidos en la degradación de TMP y FLU mediante fotocátalisis con TiO₂.

Por otro lado, estos controles fueron utilizados para el estudio de degradación de ACN *via* el proceso foto-Fenton en colectores CPCs. El tratamiento se aplicó sobre aguas residuales procedentes de una industria farmaceutica, con alto contenido salino, a fin de evaluar la efectividad del tratamiento en condiciones reales. Actualmente, se estan llevando a cabo,

estudios de toxicidad y biodegradabilidad del ACN tratado con el objetivo de conocer un punto óptimo de acople de procesos (foto-Fenton + proceso biológico-fangos inmobilizados).

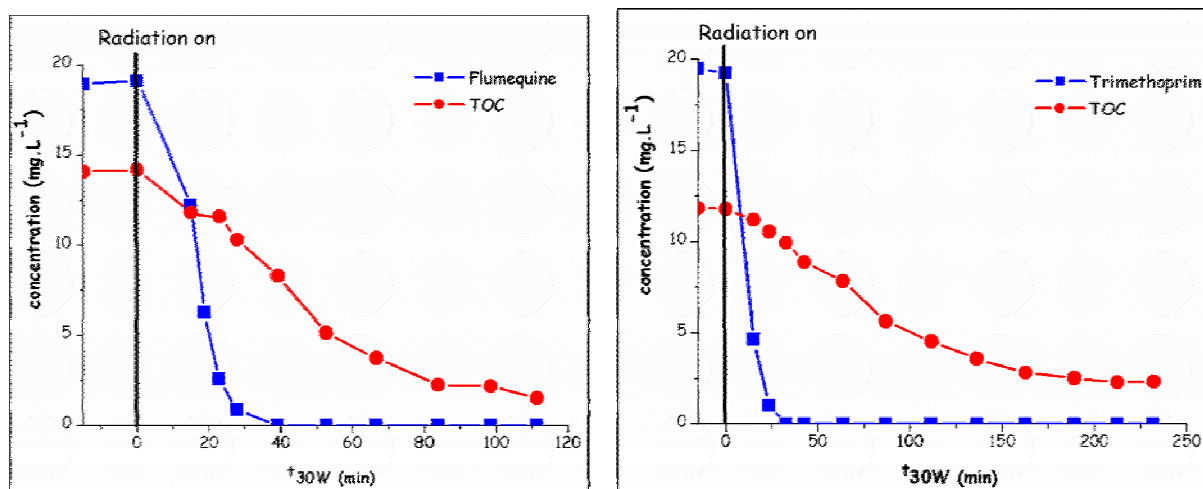


Figura 6.1 Resultados obtenidos en el tratamiento de FLU y TMP mediante fotocatalisis heterogénea con TiO₂

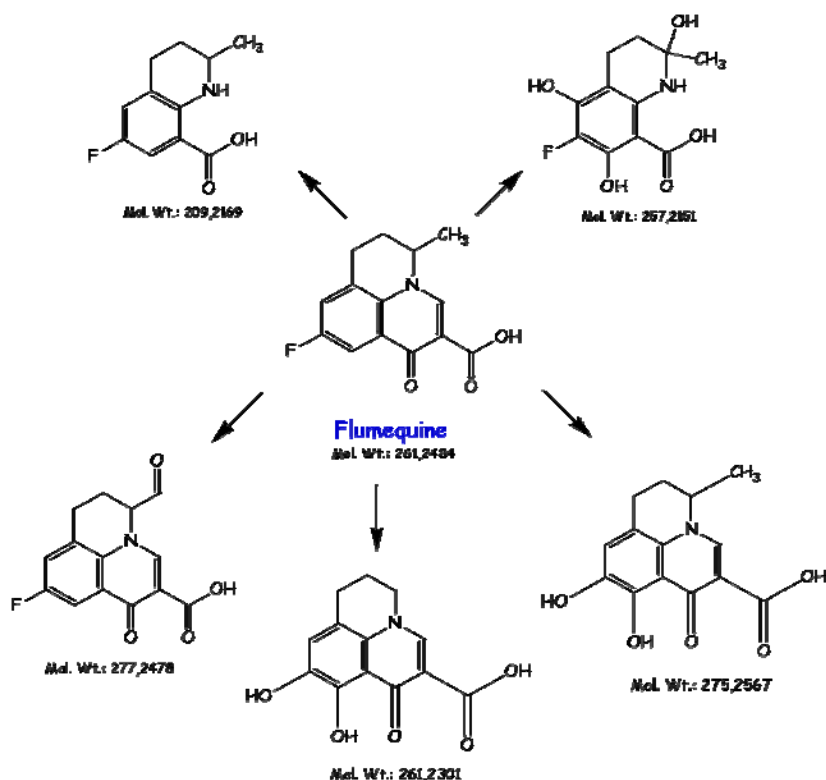


Figura 6.2. Intermedios identificados mediante LC-TOF-MS, durante la degradación de FLU por fotocatalisis heterogénea con TiO₂

Publicaciones:

Carla Sirtori, Ana Agüera, Sixto Malato, Wolfgang Gernjak. Photocatalytic treatment of flumequine using solar radiation. Identification of intermediate products. Comunicación Oral. The 12nd International Conference on TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals & Applications. New York, Sept. 2007.

C. Sirtori, A. Agüera, S. Malato, W. Gernjak. Treatment of antibiotics used in aquaculture by photocatalytical processes under solar radiation. Póster. 2nd International Congress SMALLWAT07 on Wastewater Treatment in Small Communities. Sevilla, Nov. 2007.

6.2 TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE. (TRAGUA)

Participantes: Grupos de Ingeniería Química de la Universidad de Alcalá, Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Autónoma de Madrid, Universidad Complutense, Universidad de Extremadura, Universidad de Castilla la Mancha, Universidad de Cantabria, CIEMAT, CIESOL, Grupo de Microbiología Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona, Química Analítica de la Universidad de Jaén, Microbiología III de la Universidad Complutense, Laboratorio de Ecotoxicología del INIA, Instituto Jaume Almera del CSIC/Universidad de Barcelona, Departamento de Geología de la Universidad de Alcalá, Grupo de Geología de la Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Politécnica de Catalunya, COEXPHAL, Universidad Las Palmas de Gran Canarias, ASAJA-GRANADA, Grupo de Economía Ambiental de la Universidad de Alcalá, Universidad de Alicante, Cátedra UNESCO de Territorio y Medio Ambiente de la Universidad rey Juan Carlos

Contactos: Amadeo R. Fernández-Alba (amadeo@ual.es); Sixto Malato (sixto.malato@psa.es)

Fuente de financiación: Ministerio de Educación y Ciencia: Convocatoria Plan Nacional de I+D+i 2004-2007. CONSOLIDER-INGENIO 2010. Convocatoria 2006

Duración prevista: 15/09/2006 hasta: 14/09/2011

Situación: En curso

Antecedentes: España es el país europeo con mayor déficit hídrico y ello genera preocupación social. Según el CIS, la escasez de agua parece un problema, actual o de futuro, a un 96,5% de los españoles. También España es uno de los países que más agua reutiliza pero aún en cantidades poco significativas: no se llega a reutilizar más del 5% del volumen aguas residuales recogidas. La gestión sostenible del agua tiene como uno de sus pilares básicos a la reutilización. Según estudios recientes realizados sobre nuestro país el potencial de reutilización de agua es alrededor de 10 veces superior al nivel actual. Estos son los motivos fundamentales por los que se propone el programa TRAGUA. Las causas de la escasa reutilización de aguas son diversas, entre las más importantes: no se dispone de protocolos de tratamiento para las aguas generadas en las EDAR's, no existen criterios claros para elegir tecnologías en los tratamientos avanzados, no existen indicadores de calidad de las aguas de aceptación generalizada en función de su uso posterior y tampoco se dispone de instrumentos que permitan establecer las ventajas económicas y sociales de la reutilización. Estas carencias están ligadas a la falta de información sistemática sobre el efecto que los componentes no habituales del agua ejercen sobre el medio natural – ambientes geótico y biótico-.

Objetivos: El objetivo de este programa es abordar de manera integrada los diferentes aspectos implicados en la reutilización de aguas residuales procedentes de EDAR's. El equipo estudiará la aplicación de tratamientos de las aguas procedentes de las EDAR's basados en tecnologías avanzadas, establecerá los criterios de calidad química y biológica de las aguas y determinará su impacto sobre el medio natural. Entre los productos obtenidos al finalizar el Programa se encontrará un inventario de aguas residuales con potencial reutilización, protocolos de tratamiento en función de sus características y de las 2 económicamente mejores tecnologías disponibles, métodos estándar de análisis químico, microbiológico y toxicológico, información sobre el impacto que las aguas tendrán sobre el medio y el correspondiente análisis

socioeconómico. También se habrá puesto en marcha un programa de posgrado con al menos un master reglado con dos itinerarios y un programa de doctorado.

Resultados durante 2007: La actividad científica durante este periodo se ha centrado en el desarrollo de protocolos y metodologías analíticas para el control y evaluación de la calidad de las aguas con respecto a los niveles y a la presencia de contaminantes prioritarios incluidos en la Directiva 2000/60/CE y de contaminantes emergentes.

Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva para determinar cuales son los compuestos que se han detectado mayoritariamente en estudios realizados hasta el momento en aguas residuales, así como sobre los métodos descritos en la literatura para la determinación de estos contaminantes. Resultado de este estudio se seleccionó un grupo de 80 compuestos que incluyen, entre otros, fármacos y productos de higiene personal, PAHs, desinfectantes, plaguicidas, filtros solares y algunos metabolitos relevantes. De acuerdo a las características físico-químicas de estos compuestos se desarrollaron métodos analíticos adecuados para su determinación en efluentes de EDAR, basados en la utilización de sistemas de cromatografía de gases y líquidos acoplados a detectores de espectrometría de masas (GC-Q-MS, GC-IT-MS, LC-QqLIT-MS y LC-TOF-MS). Estos métodos incluyen asimismo protocolos de preparación y tratamiento previo de las muestras, utilizando técnicas de extracción líquido-líquido y en fase sólida. Los métodos analíticos desarrollados han sido validados adecuadamente, quedando establecida su eficacia, lo que ha permitido iniciar el programa de evaluación del contenido en contaminantes de efluentes de 5 EDAR seleccionadas: dos EDARs de la zona mediterránea (Almería y Barcelona), dos de la zona centro (Alcalá de Henares: Alcalá y Alcalá industrial) y dos de la zona norte (Cantabria). La elección de las EDAR se ha hecho con el fin de tener en cuenta la variabilidad de los factores que condicionan la calidad de las aguas tratadas: climatología y actividad económica predominante. Este programa incluye la realización de análisis mensuales en las EDAR citadas. Un resumen de los resultados preliminares obtenidos durante los primeros 6 meses de trabajo se muestra en la figura 6.3.

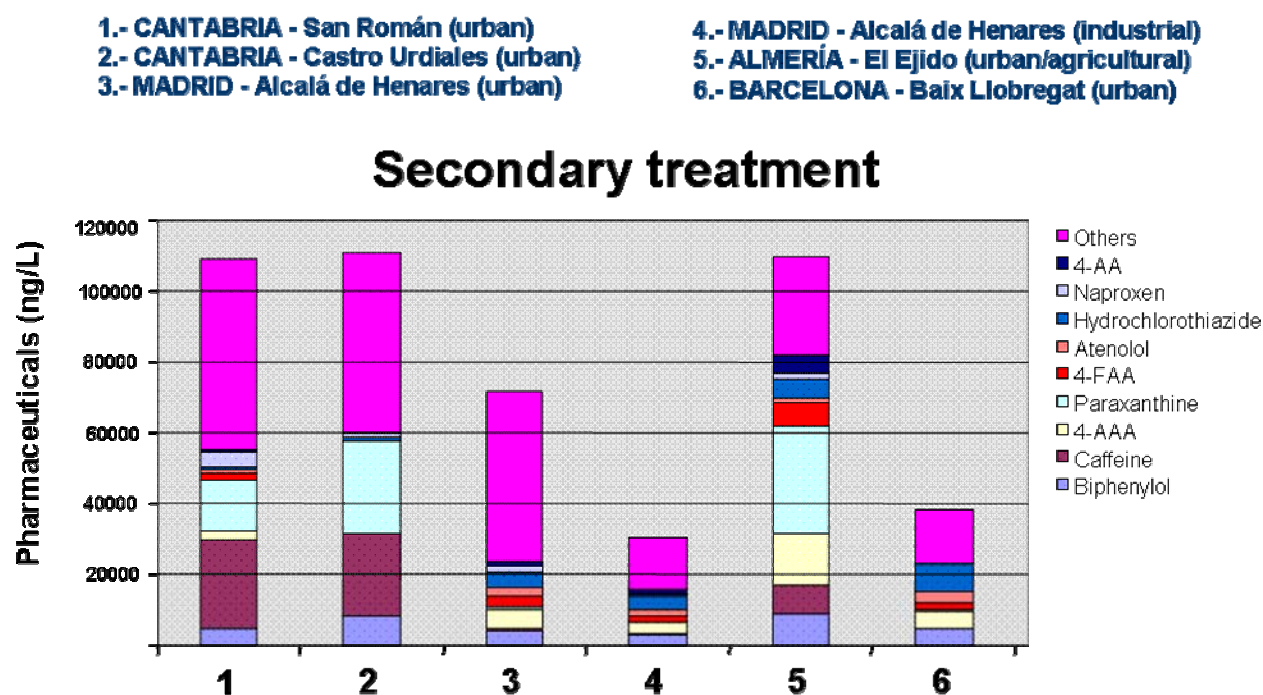


Figura 6.3 Carga total de contaminantes orgánicos encontrada en las EDAR objeto de estudio.

Publicaciones:

M.J. Martínez Bueno, A. Agüera, M.J. Gómez, M.D. Hernando, J.F. García-Reyes, A.R. Fernández-Alba. Application of Liquid Chromatography/Quadrupole-Linear Ion Trap Mass Spectrometry and Time-of-Flight Mass Spectrometry to the Determination of Pharmaceuticals and Related Contaminants in Wastewater. *Anal. Chem.* Aceptado, **2007**.

M^a Dolores Hernando, M^a José Gómez, Ana Agüera and Amadeo R. Fernández-Alba. LC-MS analysis of basic pharmaceuticals (beta-blockers and anti-ulcer agents) in wastewater and surface water. *Trends Anal. Chem.*, 26 (**2007**) 581-594.

L. A. Pérez Estrada, S. Malato, A. Agüera, A. R. Fernández-Alba. Degradation of Dipyron and its main intermediates by solar AOPs. Identification of intermediate products and toxicity assessment. *Catalysis Today*, 129, 207-214, **2007**.

M.J. Ramos, A. Agüera, M. Mezcua, J. Hurtado, F. Mocholi, A.R. Fernández-Alba. Simultaneous analysis of neutral and acidic pharmaceuticals as well as related compounds by gas-chromatography-tandem mass spectrometry in wastewater. *Talanta*, 73 (**2007**) 314-320.

A. Rodríguez, R. Rosal, M. Mezcua, A. Agüera, M.D. Hernando, A.R. Fernández-Alba. *Ozone-based technologies in water and wastewater treatment*. Capítulo de libro en prensa, **2007**.

M.J. Gómez, M.J. Martínez Bueno, A. Agüera, D. Hernando, M. Mezcua, A.R. Fernández-Alba. Application of LC-QTRAP-MS and LC-TOF/MS to the determination of pharmaceuticals and metabolites in wastewater. *Comunicación Oral. Micropol & Ecohazard 2007*, Frankfurt, **2007**.

M.J. Gómez, A. Agüera, M.J. Martínez-Bueno, M. Mezcua, A.R. Fernández-Alba. Development of LC-MS methods useful for the characterization of waste water effluents. *Comunicación Oral. I Workshop of SEEM and VII Scientific Meeting of SECyTA*, Granada, **2007**.

6.3. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR AL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y EFLUENTES

Participantes: Grupo de Investigación "Residuos de Plaguicidas" (AGR-159).

Contactos: Amadeo R. Fernández-Alba (amadeo@ual.es)

Fuente de financiación: JUNTA DE ANDALUCÍA. PROGRAMA DE INCENTIVOS A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE EXCELENCIA. CONVOCATORIA 2006.

Duración prevista: : 07/03/2007 hasta 07/03/2010.

Situación: Aprobado, pendiente de financiación.

Antecedentes: A pesar de que existe abundante información sobre procesos fotoquímicos en la literatura científica no existe un estudio de evaluación a nivel integral del empleo de estos procesos que permita eliminar o degradar los contaminantes indeseables y evaluar en detalle su potencial reutilización en la agricultura. En consecuencia, este proyecto pretende ser demostrativo de esta aplicación y ser un elemento básico en los procesos de transferencia tecnológica desarrollados a partir del mismo, proporcionando así al sector productivo agrícola una solución tecnológica y económicamente viable que promuevan la reutilización del agua de forma segura para el medio ambiente y la salud de los consumidores.

Objetivos: El proyecto pretende abordar de manera integral la reutilización de aguas residuales y agrícolas mediante la evaluación en detalle de las características físico-químicas de efluentes de

EDAR y efluentes agrícolas seleccionados y la eliminación total o parcial de los compuestos indeseables mediante la aplicación de tecnologías fotoquímicas, en especial fotocatálisis, para concluir en una planta de demostración donde se evalúe en cantidad, calidad y riesgo ambiental la reutilización de las aguas tratadas en la producción agronómica (agricultura intensiva, cultivos energéticos y riegos).

Resultados durante 2007: Se han comenzado los ensayos para evaluar la reutilización de aguas residuales depuradas (hasta tratamiento secundario), en un cultivo de tabaco para biomasa. Para ello se ha dispuesto de un invernadero de la Fundación Finca Experimental de la Universidad de Almería-ANECOOP, con una superficie para cultivar de 1784 m², cuatro sectores de riego, y ramales portagoteros agrupados de cuatro en cuatro con una separación de 0.5 m entre cada ramal. La figura 6.4 muestra el estado de la plantación en el momento actual. Se ensayará con dos densidades distintas de plantación de tabaco y dos alturas de corte, tanto en los sectores regados con agua residual como en los regados con agua normal.



Figura 6.4 Estado de la plantación que se utilizará como modelo en el momento actual.

La finca se ha dividido en dos sectores regados con agua residual y dos sectores regados con el agua de riego utilizada por los agricultores de la zona. Cada sector se divide en 8 parcelas de 10m x 1.5m, en los que se distribuirán 4 tratamientos con dos repeticiones correspondientes a las dos densidades y alturas de corte combinadas. Para el riego con agua residual se han instalado dentro del invernadero dos tanques de 5.000 litros cada uno (ver figura) que son recargados semanalmente con el agua residual depurada procedente de la EDAR seleccionada.

En este primer estadio del proyecto se pretende evaluar la posibilidad de utilización del agua residual depurada con tratamiento secundario como agua para riego en un cultivo para biomasa, mediante el seguimiento del impacto en suelo y planta.

Publicaciones: Aun no se disponen de resultados.

7. Eficiencia Energética en la Edificación

7.1 PROYECTO SINGULAR ESTRÁTEGICO ARFRISOL

Participantes: Grupo de Investigación “Evaluación de Recursos Solares” (UAL), Grupo de Investigación “Eficiencia Energética en la Edificación” (CIEMAT) y Consorcio de las siguientes instituciones:

- Empresas Constructoras: ACCIONA, DRAGADOS, DRACE, FCC y OHL.
- Empresas fabricantes de captadores solares y módulos fotovoltaicos: ISOFOTON, GAMESA, ATERSA y UNISOLAR.
- Empresas fabricantes de bombas de absorción para ser acopladas a captadores solares: CLIMATEWELL, UNISOLAR
- Empresas instaladoras de captadores solares y módulos fotovoltaicos: ATERSA, ACCIONA, GAMESA, ISOFOTON y UNISOLAR.
- Empresas e ingenierías de diseño de instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas ATERSA, ACCIONA, GAMESA, ISOFOTON y UNISOLAR.
- Grupos de Investigación: CIEMAT y Universidades: de Almería y de Oviedo.
- Depositarios finales de los edificios: CIEMAT, Universidad de Almería y Fundación Barredo (Asturias).

Teniendo como subcontratada a la Real Sociedad Española de Física (RSEF) para la elaboración de los Modulos Educativos a nivel de Infantil, Primaria y Secundaria.

Coordinador: CIEMAT .

Contactos: Francisco Javier Batlles (fbatlles@ual.es). M^a del Rosario Heras (mrosario.heras@ciemat.es). M. Berenguel (beren@ual.es). M^a José Jiménez (mjose.jimenez@psa.es).

Fuente de financiación: 50% MEC y las CCAA.

Duración prevista: Mayo 2005 – Diciembre 2009

Situación: En desarrollo

Antecedentes: El crecimiento de la demanda y la carencia de fuentes energéticas a escala nacional están obligando, con mayor intensidad que en otros países de la Unión Europea, a buscar en las energías renovables la alternativa del futuro. La alternancia productiva de las energías renovables y su situación de inmadurez tecnológica imposibilitan la implementación rápida de estas tecnologías. Al mismo tiempo uno de los mayores puntos de consumo energético se encuentra en el sector doméstico y concretamente en la edificación (más de un 33% en España desde 2003, y 40% en los países de la U.E.), donde la incorporación de sistemas solares pasivos y activos presenta un gran potencial de ahorro. Se ha estimado que “el consumo energético en los edificios podría reducirse más de un 50% en la Unión Europea, para el año 2010, mediante la integración de sistemas solares pasivos y activos desde las primeras fases del diseño del edificio”. La arquitectura española ha demostrado históricamente estar entre las más prestigiosas del mundo y, además, la industria de fabricación de sistemas de captación solar se encuentra entre las tres más importantes a escala mundial. A su vez, España es de los países con mayor crecimiento en el uso de los sistemas de climatización, sobre todo de aire acondicionado, que

esta experimentando un gran aumento en los últimos veranos como consecuencia de sus características geográficas y climatológicas.

Objetivos: Se pretende analizar en el edificio CIESOL: el comportamiento termodinámico del sistema de calefacción y refrigeración instalado basado en equipos de energía solar térmica que cubran las necesidades energéticas, la posible instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la Red y la instalación de un sistema de monitorización para evaluar el confort y el comportamiento energético del edificio en condiciones reales de uso del edificio.

Resultados durante 2007: Durante todo el año 2007 se ha finalizado la instalación del sistema de frío solar (captadores solares y bomba de absorción). Dicho sistema consta fundamentalmente de un campo de 160 m² de captadores planos de la marca Solaris modelo CP1; 2 sistemas de acumulación de agua caliente de 5000 litros, cada uno; una máquina de absorción de simple efecto marca YAZAKI (serie WFC 20 SC) de 75 kw de potencia frigorífica; una torre de refrigeración y un sistema de apoyo consistente en una caldera de gas de 100 kw instalada en serie con la máquina de absorción. El equipo se puso en funcionamiento en septiembre de 2006. Las actividades realizadas han sido las siguientes:

- Análisis de la instalación de frío solar desde el punto de vista termodinámico, para estudiar la viabilidad del sistema funcionado como sistema de calefacción en invierno y como sistema de refrigeración en verano. Se ha analizado el comportamiento del sistema y las temperaturas de salida del campo solar. Los resultados ponen de manifiesto que las temperaturas obtenidas son siempre muy superiores a los 45 °C, por lo que se garantiza el correcto funcionamiento del sistema operando en modo de calefacción. En las horas centrales del día y con valores altos de radiación se alcanzan temperaturas de salida superiores a los 80 °C, que es la temperatura óptima para operar la máquina de absorción. Por lo que es de esperar el funcionamiento del sistema de refrigeración con aporte exclusivo, de la energía generada en el campo solar. Se ha calculado el rendimiento del campo de captadores, siendo este siempre superior al 30%, y su máximo valor entorno al 50%. Se analizado la importancia de incluir en la instalación un sistema de almacenamiento de agua caliente, que nos proporcionará la energía necesaria en aquellos momentos en los que la radiación incidente sobre el campo de captadores sea insuficiente. El sistema de almacenamiento evitará en muchos casos la utilización de la caldera de gas, con el consiguiente ahorro de combustible fósil. Los resultados de esta investigación se reflejan en los trabajos: “Integración de la energía solar térmica en la edificación: edificio CIESOL” (Rosiek et al., 2007).
- Análisis del funcionamiento de la máquina de absorción. Se ha calculado el coeficiente de operación del sistema para varias cargas del edificio, obteniéndose valores comprendidos entre 0.4 y 0.6. Se han analizado los ciclos de funcionamiento de la máquina de absorción, poniéndose de manifiesto la necesidad de incorporar un sistema de almacenamiento de frío para evitar las paradas de la misma, que tienen lugar cuando la temperatura de salida del evaporador es del orden de los 6 °C. Los resultados de esta investigación se encuentran reflejados en el trabajo “Sistema de refrigeración solar instalado en el edificio CIESOL” (Rosiek y Batlles; 2007).
- Se ha realizado un estudio del funcionamiento del sistema auxiliar, calculando el número de horas de funcionamiento y la cantidad de combustible consumida por el mismo, obteniéndose resultados satisfactorios. En 17 días de funcionamiento del sistema de refrigeración, la caldera solamente se activo en 10 horas.
- Se ha considerado utilizar los datos registrados por el sistema de control comercial suministrado por la empresa Sauter. Habiendose utilizado tales datos para las

evaluaciones del sistema de frío realizadas hasta el momento se han encontrado algunos inconvenientes, entre los que destaca que los datos no se almacenan de forma síncrona, las funciones son limitadas porque es una versión de demostración y no se guardan históricos en formatos para su explotación, sino en un formato interno, con la consecuente lentitud para el análisis.

- Se ha realizado un estudio del consumo eléctrico del edificio CIESOL para analizar la posible instalación de un sistema fotovoltaico. Se ha optado por un sistema conectado a red, dado que la instalación autónoma, resulta inviable dada la subvención recibida del MEC para tal fin. La potencia de la instalación es del orden de 10 Kw, y va a representar un ahorro en torno al 50% del consumo de iluminación del edificio. Los paneles fotovoltaico se van a instalar en una estructura en forma de pérgola en una de las azoteas del edificio, en concreto la situada en el despacho de dirección. Dicha pérgola servirá para dar sombra al citado despacho según se ha puesto de manifiesto en los estudios de simulación y propuestas de mejora llevados a cabo .
- Análisis del el software de control y monitorización del sistema de refrigeración por absorción, se han detectado directas e indirectas a probar controladores y analizar sus subsistemas, por lo que se ha podido comenzar a extraer datos sobre su funcionamiento pero nos ha sido imposible actuar automáticamente sobre la planta o extraer datos útiles para el modelado y control. En este sentido, ha resultado de mucho provecho seguir trabajando con la red de excelencia HYCON (<http://www.ist-hycon.org/>), instalada en la Universidad de Sevilla y de características similares (aunque el sistema tiene una distribución distinta en ciertos tramos y la planta cuenta con algo menos de la mitad de potencia), porque hemos estado informados de las tendencias Europeas en el control híbrido en las plantas de frío solar y hemos tenido la posibilidad de desarrollar algoritmos de control para colectores solares y hacer pruebas sobre una planta real, lo que repercutirá en el diseño de un mejor control para el sistema de refrigeración por absorción de CIESOL.
- Con la primera fase del sistema de monitorización en marcha (a falta de recibir los sensores de este primer pedido) y el acceso remoto al OPC del sistema de refrigeración por absorción, del que estamos pendientes de la información para conectar con el, estamos preparando un prototipo de SCADA con el que hacer las primeras pruebas de monitorización. De esta forma, una vez lleguen todos los elementos que lo componen, la integración del sistema de control de la máquina de frío solar (sistema propietario), con el sistema de monitorización general del edificio (sistema abierto) será más rápida.
- Se ha hecho un estudio de los modos de funcionamiento de la planta, así como de las configuraciones que serían posibles teniendo libre acceso a la manipulación de las válvulas del sistema. También se ha creado el autómata que representa los estados y transiciones del sistema de refrigeración por absorción en los modos de funcionamiento comercial (los únicos que sabemos con certeza que nos permitirán configurar). Este estudio es necesario para el control híbrido de la planta y ha dado lugar al artículo aceptado en CIATEA 2007, “MODELO HÍBRIDO DE UNA PLANTA DE FRÍO SOLAR” (Pasamontes et al., 2007).
- Se ha realizado la definición de especificaciones, búsqueda y adquisición de los equipos necesarios para la monitorización del C-DdI CIESOL. También se han realizado las especificaciones y gestiones para el cableado, fijación y conexionado de sensores, y retirada y colocación de algunas losas para instalación de sensores en la fachada ventilada. Se está finalizando la implementación del sistema para esta monitorización. Se ha realizado la instalación de sensores y sistemas de adquisición de datos. Las figuras 6.5

a 6.8 muestran algunos de los sensores instalados para la monitorización del C-DdI CIESOL. Las figuras 6.7 y 6.8. muestran respectivamente el proceso de colocación de sensores en la fachada ventilada y el acabado final.

- Desde la Unidad de Eficiencia Energética de la Edificación (UiE3) del CIEMAT, con la colaboración de los investigadores de la Universidad de Almería y del arquitecto autor del proyecto, se ha analizado exhaustivamente el proyecto de ejecución dentro del subproyecto SP1, realizando los estudios y simulaciones energéticas con diferentes programas informáticos, con el fin de optimizar las estrategias pasivas y activas. Dentro de este Subproyecto (SP1) “Estudios previos” se ha realizado un estudio de la influencia sobre la demanda energética de la humedad relativa del aire interior del CDdI. Para ello se ha aplicado un modelo que emplea una capacitancia efectiva de humedad para cada zona térmica que modele la dinámica de la humedad relativa del aire interior en función de los diferentes intercambios de aire entre las diferentes zonas térmicas y con el aire exterior del C-DdI. Se han establecido bandas para la humedad relativa del aire entre el 40 y el 60 por ciento para el C-DdI que operen durante el funcionamiento de los sistemas de climatización (esto es, en los momentos de ocupación del C-DdI) y que empleen la energía necesaria para humidificar o desecar el ambiente hasta encontrarse en la zona deseada. A esta demanda de energía se le denomina demanda de energía latente. En concreto, para el CDdI del SP2, se obtienen cerca de 7 kWh/m²año de demanda de energía latente para humidificación en la planta baja y aproximadamente 11 kWh/m²año para la primera planta. No se obtiene demanda energética latente de desecación.
- Asimismo, se ha realizado un análisis de sensibilidad del C-DdI al comportamiento térmico del suelo, dado que se trata de una condición de contorno de difícil medida. Para ello, se ha empleado un modelo matemático ampliamente difundido en la literatura que predice la temperatura del terreno en función de sus características termofísicas y de la temperatura ambiente. Se han realizado simulaciones para un rango de temperaturas del terreno predichas según la relación anterior que incluya las incertidumbres en sus parámetros determinantes. Como resultado de las simulaciones ejecutadas se obtiene una variación del comportamiento energético de la planta baja del CDdI cercana al 20% para la calefacción y del 30% para refrigeración. En la primera planta del CDdI la demanda de calefacción varía un 3%, mientras que la de refrigeración varía cerca de un 6%. El hecho de que este CDdI ingresara en el PSE-ARFRISOL en un avanzado estado de construcción dificulta la experimentación a este respecto, por lo que se tomará como una fuente de incertidumbre a la hora de analizar los datos experimentales.
- Además dentro de ARFRISOL se han definido 3 edificios de referencia que son:
 - El edificio de referencia tipo 1 tendrá que cumplir con los requerimientos energéticos de la zona climática AW de la NBE-CT79 que requiere como se justifica en su correspondiente informe.
 - El edificio de referencia tipo 2 tendrá que cumplir con los requerimientos energéticos que requiere el DB-HE1 del CTE para la zona climática A4.
 - El edificio de referencia tipo 3 tendrá características constructivas similares a los edificios de su entorno y mantendrá la geometría y zonas térmicas del original debiendo cumplir con los requerimientos térmicos de la zona climática AW de la NBE-CT79.
- En las simulaciones realizadas para el edificio de referencia común en el SP2 se observa que las demandas energéticas de los laboratorios son similares a las que tendrían en los despachos norte del edificio de referencia común, pero en cambio las zonas del director y

de la sala de juntas que han sido construidas con fachadas ventiladas orientadas a sur, presentan un ligero ahorro (en torno al 3%). La zona ‘despachos’ del CIESOL está orientada al Este, mientras que la zona de despachos con la que se compara en el edificio de referencia tipo, está orientada a Sur, con la consiguiente ganancia de radiación solar, que lleva a una reducción importante de las demandas de calefacción en los despachos.

- Con respecto al edificio de referencia tipo 3, las simulaciones sugieren que la ejecución del CIESOL según el proyecto reduce las demandas de calefacción (entre un 5 y un 15 %, según la zona), pero aumenta las demandas de refrigeración, especialmente en los despachos y otras zonas con muchas cargas internas por unidad de superficie donde llegan a duplicarse, puesto que se ha aumentado el aislamiento y no se han previsto más estrategias de sombreado que el retranqueo de las ventanas, y no se ha simulado la ventilación cruzada que se podría producir abriendo las ventanas.



Figura 7.1. Instalación realizada para la monitorización del C-DdI CIESOL. Sensores de velocidad y dirección de viento.



Figura 7.2. Instalación realizada para la monitorización del C-DdI CIESOL. Sensor de temperatura de aire interior.



Figura 7.3. Detalle del proceso de montaje de sensores en fachada ventilada.



Figura 7.4. Instalación realizada para la monitorización del C-DdI CIESOL. Sensores en instalados en el exterior de la fachada ventilada.

Publicaciones:

Batlles, F.J. Aplicaciones de la energía solar en el contexto energético actual: Proyecto ARFRISOL. Conferencia impartida en el curso “Oportunidades de negocio en el sector medioambiental”. junio **2007**.

Rosiek, S.; Batlles Garrido, F.J., Pasamontes Romera, M.; Berenguer Soria, M.: Integración de la energía solar térmica en la edificación: edificio CIESOL. Presentado al Congreso Internacional de Aislamiento Térmico y Acústico - CIATEA 2007. 27 a 29 de Junio de **2007**. Publicado en el libro de actas del congreso: ISBN: 978-84-8317-629-0.

Rosiek, S.; Batlles, F.J.: Sistema de refrigeración solar instalado en el edificio CIESOL . Presentado al Congreso Internacional de Aislamiento Térmico y Acústico - CIATEA 2007. 27 a 29 de Junio de **2007**. Publicado en el libro de actas del congreso: ISBN: 978-84-8317-629-0.

M. Pasamontes, M.J. Jiménez, J.L. Guzmán, R. Olmedo, M. Pérez, J.A. Ferrer, C. San Juan, S. Rosiek, F. Rodríguez, M. Berenguel, J. Batlles, M. R. Heras. (2007). Monitorización del edificio CIESOL de la Universidad de Almería. Presentado al Congreso Internacional de Aislamiento Térmico y Acústico - CIATEA 2007. 27 a 29 de Junio de **2007**. Publicado en el libro de actas del congreso: ISBN: 978-84-8317-629-0.

Pasamontes, M. J.L. Guzmán, F. Rodríguez, M. Berenguel, E.F. Camacho. MODELO HÍBRIDO DE UNA PLANTA DE FRIO SOLAR Publicado en el libro de actas del congreso: ISBN: 978-84-8317-629-0.

Heras, M.R.: “Memoria Técnica Justificativa de las actividades realizadas en el 2006 dentro del Subproyecto 1 del Proyecto Singular Estratégico Sobre Arquitectura Bioclimática y Frio Solar”
Informe PSE-ARFRISOL, SP1- IT-1, 28-06-07

Batlles, F.J.: “Memoria Técnica Justificativa de las actividades realizadas en el 2006 dentro del Subproyecto 2 del Proyecto Singular Estratégico Sobre Arquitectura Bioclimática y Frio Solar”
Informe PSE-ARFRISOL, SP2- IT-2, 30-05-07

Anexo 1

MASTER EN ENERGÍA SOLAR

Participantes: Profesores de la Univ. de Almería (12), CIEMAT (29), Univ. de Sevilla (1), Univ. Polit. Valencia (1), Univ. de Huelva (1), CAJAMAR (1), ATERSA (1), ABASOL (1). 30 alumnos.

Contactos: F. Batlles (fbatlles@ual.es).

Fuente de financiación: Matrículas y subvenciones públicas y privadas.

Duración prevista: 1 curso académico.

Situación: En funcionamiento II Master (Curso Académico 2007-2008)

Antecedentes: Dentro de las energías renovables, la energía solar juega un papel fundamental. En los últimos tiempos, los diferentes gobiernos españoles han mostrado su interés por fomentar el uso de la energía solar, tanto térmica como fotovoltaica. Cabe destacar la ley de aprobación térmica para la edificación y la ley que regula las primas en el sector eléctrico. La primera favorece la producción de agua caliente sanitaria en la edificación, con colectores solares planos. La segunda es un apoyo decidido a la producción de electricidad mediante energía solar, tanto térmica como fotovoltaica. Entre los diferentes proyectos relacionados con la energía solar existentes en Almería, cabe destacar el AFRISOL y las centrales de producción de electricidad mediante colectores cilindro-parabólicos. Este Master nace del interés común de los organismos participantes en potenciar el área de energía solar y de la necesidad cada vez más acusada que esta sociedad tiene de disponer de profesionales con una formación específica de estas tecnologías. Implantar el Master en la Universidad de Almería es consecuencia del entorno privilegiado en donde ésta se encuentra, ya que la situación geográfica de la provincia de Almería la convierte en un enclave de gran futuro en el campo de la energía solar y también ha sido pionera en el empleo de este tipo de desarrollo.

Objetivos: El curso está dirigido a postgraduados, alumnos del último curso de licenciatura y, profesionales interesados en el aprovechamiento de la energía solar, pretende ofrecer una panorámica de la potenciabilidad del uso de dichas tecnologías, mostrando el interés que su utilización puede representar en el contexto energético actual. Así mismo, se pretende dar a conocer realizaciones industriales, siendo éstas presentadas y analizadas por especialistas que han intervenido en su diseño o puesta en funcionamiento. La Plataforma Solar de Almería (PSA) constituye un escenario de excepción para las actividades formativas. El CIESOL dispone también de instalaciones de aprovechamiento de energía solar y, en el panorama energético andaluz, surgen proyectos y realizaciones en el área de la energía solar que hacen indispensable la especialización en estas disciplinas energéticas.

RELACIÓN ESQUEMÁTICA DE MATERIAS Y ACTIVIDADES		
DENOMINACIÓN	CRÉDITOS	CUATRIMESTRE ¹
Evaluación de recursos energéticos solares	3.5	1º
Modelado y control de plantas de energía solar	2.5	1º
Energía solar térmica de baja temperatura	4.5	1º
Energía solar térmica de media temperatura	4.5	1º
Energía solar térmica de alta temperatura	4.5	2º
Energía solar fotovoltaica	4.5	2º
Aplicaciones de la energía solar al tratamiento de aguas	2.5	2º
Aplicaciones de la energía solar a la agricultura	2.5	2º
Legislación y aspectos económicos de la energía solar	1	2º

Tabla A1.1. Módulos y carga lectiva (créditos) de Master de Energía Solar.

Resultados durante 2007: El acto de apertura del Master fue el día 19/10/2006 estando presente D. Diego Alonso López, Vicerrector de Investigación de la UAL; D. Cayetano López, Director General adjunto del CIEMAT, D. Javier de las Nieves López, Delegado de Innovación Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía; D. Alfonso Sevilla Portillo, de la Fundación Cajamar y D. Francisco Javier Batlles Garrido, Director del Master.

El acto de clausura fue el día 20/10/2007 estando presente D. José Luís Martínez Vidal, Vicerrector de Investigación de la UAL; D. Cayetano López, Director General adjunto del CIEMAT, D. Javier de las Nieves López, Delegado de Innovación Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía; D. Diego Martínez Plaza, Director de la Plataforma Solar y D. Francisco Javier Batlles Garrido, Director del Master.

En esta edición el Master contó con 30 alumnos. Se otorgaron becas a todos los alumnos y fue financiado por la empresa Asset Logistc, Parques Eólicos S.A

El 21/10/2007 dio comienzo la segunda edición del Master

Publicaciones: No procede

Anexo 2

Director Amadeo R. Fernandez-Alba
Catedrático de la Universidad de
Almería
amadeo@ual.es

Subdirector Sixto Malato Rodríguez
Investigador de O.P.I. CIEMAT
Sixto.malato@psa.es

RESPONSABLES DE ACTIVIDADES

	Universidad de Almería	Plataforma Solar de Almería
Organometálica y Fotoquímica	Antonio Romerosa. Profesor Titular de la Universidad de Almería. romerosa@ual.es	Christoph Richter. Investigador de DLR en la Plataforma Solar de Almería christoph.richter@dlr.de
Tratamiento de Aguas	Jose A. Sánchez. Profesor Titular de la Universidad de Almería. jsanchez@ual.es	Manuel I. Maldonado. Investigador de O.P.I. CIEMAT Mignacio.maldonado@psa.es
Modelado y Control Automático	Manuel Berenguel. Profesor Titular de la Universidad de Almería. beren@ual.es	Luis Yebra. Investigador de O.P.I. CIEMAT Luis.yebra@psa.es
Evaluación del Recurso Solar	Javier Batlles. Profesor Titular de la Universidad de Almería. fbatlles@ual.es	M ^a Lourdes Ramirez Santigosa. Investigador de O.P.I. CIEMAT lourdes.ramirez@ciemat.es
Química Ambiental	Amadeo R. Fernandez-Alba. Catedrático de la Universidad de Almería. amadeo@ual.es	Sixto Malato Rodríguez. Investigador de O.P.I. CIEMAT Sixto.malato@psa.es
Eficiencia Energética en la Edificación	Javier Batlles. Profesor Titular de la Universidad de Almería. fbatlles@ual.es	M ^a José Jiménez. Investigador de O.P.I. CIEMAT mjose.jimenez@psa.es

COMITÉ DE COORDINACIÓN

Vicerrector de Investigación de la Universidad de Almería	vinvest@ual.es
Manuel Berenguel (Catedrático de la Universidad de Almería)	beren@ual.es
Diego Martínez (Director de la Plataforma Solar de Almería, CIEMAT)	Diego.martinez@psa.es
Luis Yebra (Investigador del CIEMAT)	Luis.yebra@psa.es

COMITÉ CIENTÍFICO

Manuel Romero (Director de la División de Energías Renovables del CIEMAT)	manuel.romero@ciemat.es
Manuel Montes (Subdirector General de Programas de Fomento de la Investigación Técnica Sectorial del MEC).	manuel.montes@mec.es
Eloy García (Catedrático de Ingeniería Química de la Universidad de Alcalá de Henares)	eloy.garcia@uah.es
Arturo Romero (Catedrático de Ingeniería Química de Universidad Complutense)	aromeros@quim.ucm.es