

# Efficient Tools and Policies for Demand Response in Electricity Markets: Aggregation, Forecasting, Management and Planning

- Ref: [ENE2010-20495-C02-01&02](#)
  - Project 1 leader: Dr. Carlos Álvarez
    - Project 2 leader: Dr. Antonio Gabaldón
- Universities: Politécnica de Valencia
  - Subproject 2: U. Politécnica de Cartagena
- Budget: €49,610
- Starting data: 1/2011      End of project: 1/2014
- Supported by:



# PARTICIPANTES

- Public entities:
  - Univ. Politécnica de Valencia (S01), U. Politécnica de Cartagena-Miguel Hernández de Elche (S02)
- Private entities (observers)
  - REE ([www.ree.es](http://www.ree.es))
  - Iberdrola Distribución ([www.iberdroladistribucionelctrica.com](http://www.iberdroladistribucionelctrica.com))
- Research team:
  - S01-UPV: 5 Ph.D. (C. Alvarez, C. Roldán, I. Segura, G. Escrivá y M. Alcázar)
  - S02-UPCT-UMH: 5 Ph. D. (A. Gabaldón, M<sup>a</sup>.C. Ruiz, A. Guillamón, R. Molina y S. Valero) + 2 M.Sc. (M. Ortiz y M. López)

- **Summary**

- The project deals with the study of demand and its participation, necessary to improve the efficiency and effectiveness of the markets, and particularly in Spain. The "Demand Response" (DR, including energy efficiency) in the energy, ancillary services and capacity markets.

- **Scope**

- Develop knowledge and tools to promote the active participation of the demand side (especially the small user segments), to study their potential in markets and define how the consumer can "take advantage" of DR these policies to better manage their consumption while reducing costs.

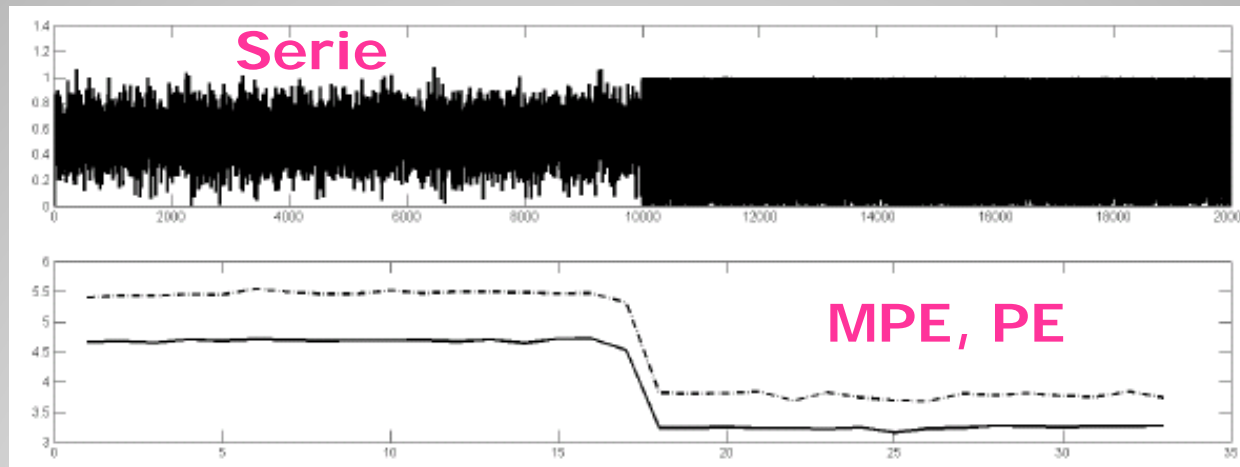
## Work Packages

WP	Ended	In progress (2013)	
<b>1. Volatility and Elasticity</b>	<b>a, b</b> Índices de volatilidad y apl.	<b>c</b> Modelo econ. elasticidades	-
<b>2. Medium term forecasting</b>	<b>a</b> Clasificar bases datos demanda y precio	<b>b.1</b> Modelos a medio plazo (>1MW)	<b>b.2</b> Modelos a medio plazo (<1MW)
<b>3. Short term forecasting</b>	<b>a</b> Revisión de modelos de previsión precios	<b>b</b> Patrones kW <b>c</b> Respuesta transitoria	<b>b</b> Patrones <b>d</b> Modelos kW corto plazo
<b>4. Aggregation</b>	<b>b</b> Modelos W-€ de Ef. Energética	<b>a</b> Agregación res. Transitoria	-
<b>5. Markets Classification</b>	<b>a</b> Respuesta en mercados operación (ES)	<b>a</b> Seguimiento mercados (capacidad, AS)	<b>b</b> Dependencia mercados
<b>6. AMI (tech.)</b>	<b>a</b> Estudio AMI	-	<b>b, c</b> Ensayos
<b>Dissemination</b>	Congresos y web	Web proyecto	Publ. JCR

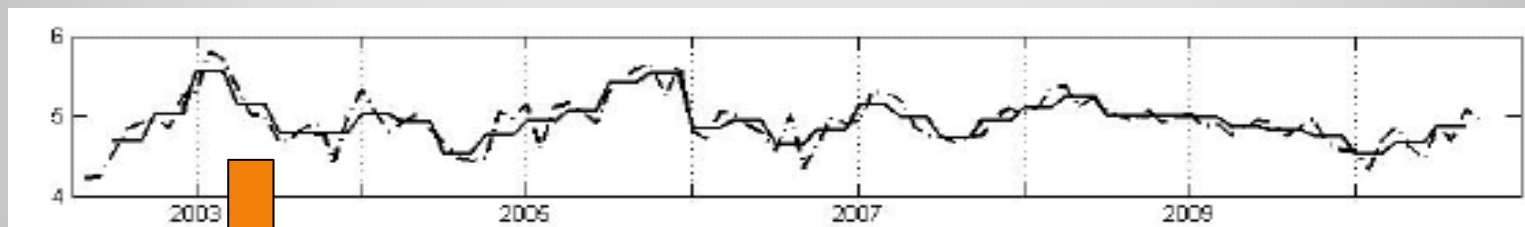
## DESARROLLO DEL PROYECTO

- Objetivo 1: *Determinar la volatilidad de los precios en los mercados eléctricos y su relación con la demanda*
  - 1.a Se han definido con éxito nuevas medidas de volatilidad PE, MPE (no basadas en la simple varianza de los precios, sino en su aleatoriedad)
  - 1.b. Calcular la volatilidad en mercados de energía (EEUU, Canada, Australia, EU) y explicar los factores que la determinan (internos y externos a los mercados).
    - Resultados publicados en revista JCR (Entropy, 2012)
  - 1.c Se ha propuesto un modelo económico que incluye la repercusión de precios (+ penalizaciones, + incentivos) en la previsión de la respuesta de la demanda.

- **Resultados de medidas volatilidad (1a, 1b)**
  - 1.a Entropía (PE, MPE). Dos series con iguales varianzas, primero aleatoria ( $\leq T/2$ ), luego determinista ( $> T/2$ )



- 1.b Aplicación índices MPE a mercados: HOEP (Ontario)



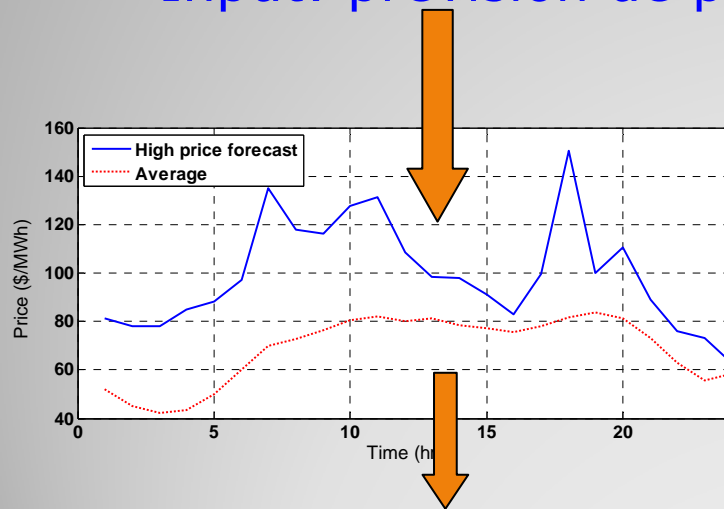
**Invierno 2003: frío extremo, subida precios del gas, nuevas regulaciones ambientales,...**

- **Resultados: modelo de elasticidad (1c)**

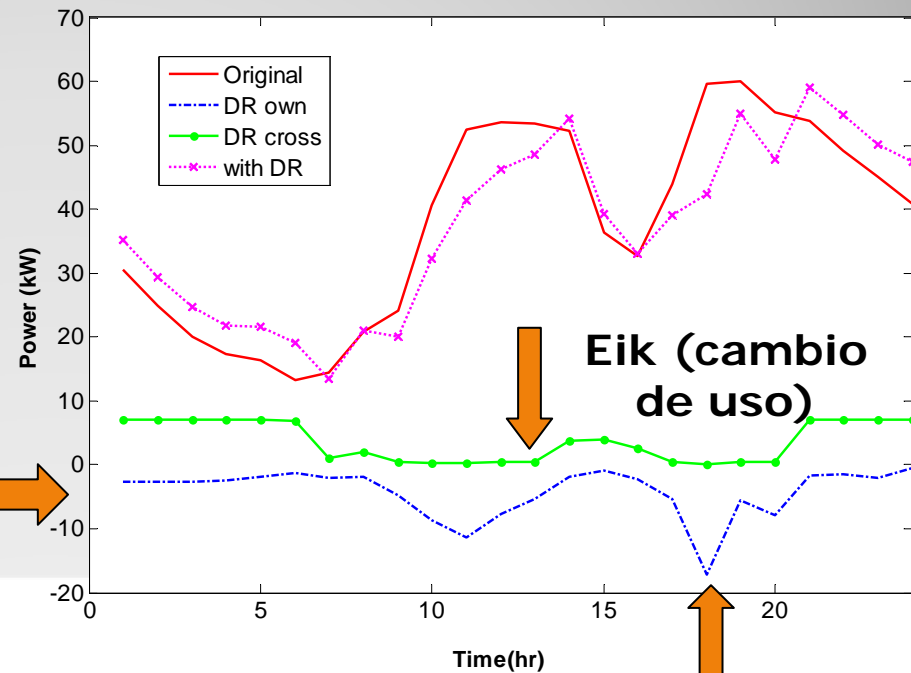
- D (demanda), LR (payback),  $E_{ik}$  (elasticidades), P (precio)

$$D_k^{PRP} = \left[ D_{0k}^{PRP} + \sum_{k=1}^{24} D_{0k}^{PRP} E_{ik} \frac{P_k - P_i}{P_i} \right] - \sum_{i \neq k}^{24} LR_{eu} D_{i \leftarrow k}^{PRP}$$

- Simulación en consumidores residenciales
- Input: previsión de precios máx (azul) y medios (rojo)



- Respuesta de la carga



Eii (reducción uso)

## DESARROLLO DEL PROYECTO

- Objetivo 2: *Previsión de la demanda y los precios a medio plazo*
  - 2.a.1 Utilizar de volatilidad de mercados para clasificar bases de datos de demanda y precios.
  - 2.a.2 Establecer técnicas basadas en el espectro de energía para analizar la predictibilidad de la demanda
    - Publicado en revista JCR (IEEE T-PWRS, 2013)
  - 2.b.1 Desarrollar modelos de previsión de demanda a niveles altos de agregación ( $>>1\text{MW}$ )
  - 2.b.2 Nuevos modelos de previsión de demanda en segmentos pequeños y medianos (en desarrollo).



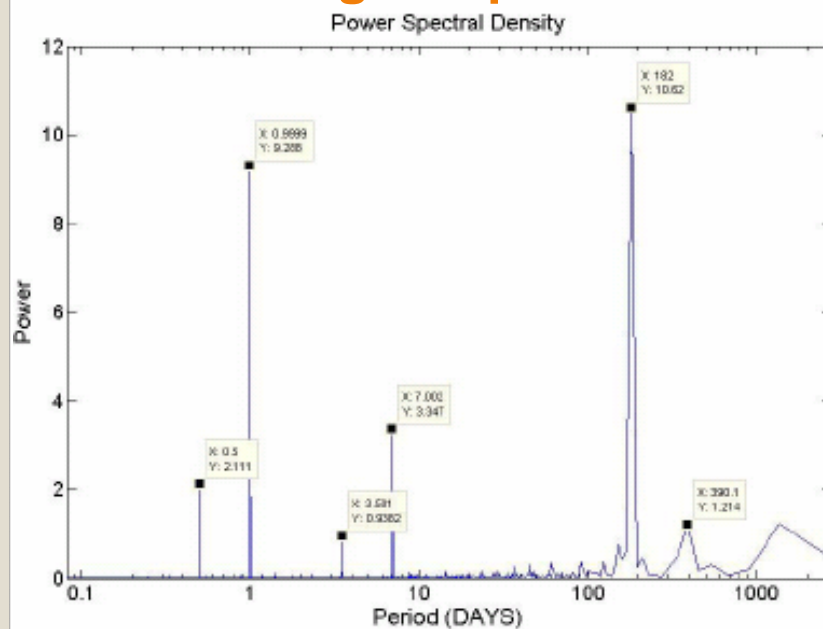
- **Resultado 2.a: predictibilidad de la demanda**

- Espectro de energía de la onda (demanda o precios)
- Se relaciona el espectro con el error de la previsión en el consumo (o precios, en su caso)
- Aplicación a zonas de la costa este de EEUU
  - Publicado en revista JCR (IEEE-TPWRS 2013)

**Energía espectro**



**Error predicción**

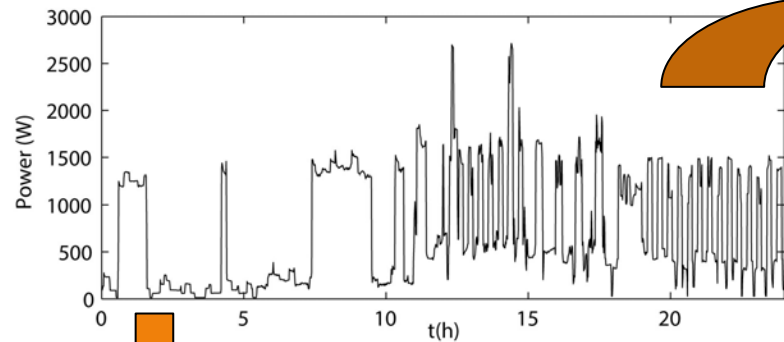


DATA BASE	ERROR	D(s*) 2005-2010			D(s*) 2010		
AEP	5,7%	7,5%			7,5%		
COAST	7,0%	10,1%			10,4%		
DAY	7,6%	9,4%			8,4%		
DUQ	6,8%	7,2%			7,2%		
EAST	9,9%	15,6%			13,5%		
NI	6,5%	8,5%			8,0%		
NORTH	9,5%	12,9%			14,6%		
NORTH_C	10,0%	13,5%			13,3%		
PJM_E	7,3%	8,2%			7,7%		
PJM_W	6,9%	8,2%			8,5%		
SOUTHERN	8,4%	11,7%			12,9%		
SOUTH_C	8,2%	12,4%			13,3%		
WEST	7,3%	10,9%			11,5%		
		m	b	R <sup>2</sup>	m	b	R <sup>2</sup>
Linear regression		0,416	0,076	0,7307	0,467	0,063	0,8350

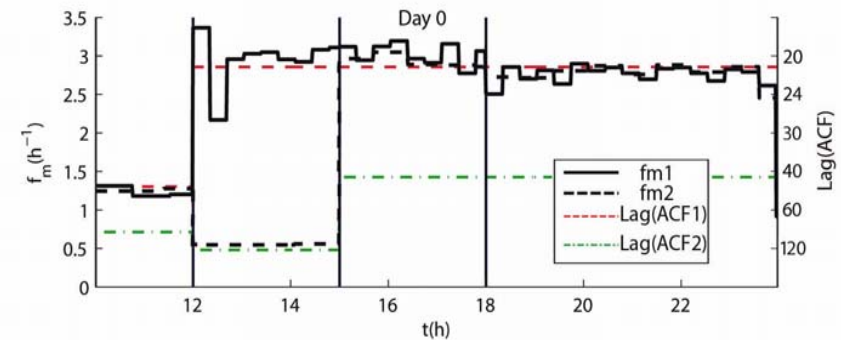
## DESARROLLO DEL PROYECTO

- Objetivo 3: *Previsión de precios y demanda a corto plazo*
  - 3.a Revisión de los modelos de precios a corto plazo en función de la volatilidad de los mercados.
  - 3.b Obtención de patrones de consumo (usos finales) a través del empleo de Transformadas Integrales.
    - Nivel de agregación: usuario final(residencial).
      - Enviado a revista JCR (mayo 2013)
    - A otros niveles: cargas industriales (en desarrollo)
  - 3.c Modelos de respuesta transitoria de cargas elementales: modelos para participación en "Ancillary Services"
    - En vías de remisión a revista JCR.
  - 3.d Modelos de demanda a corto plazo (pendiente)

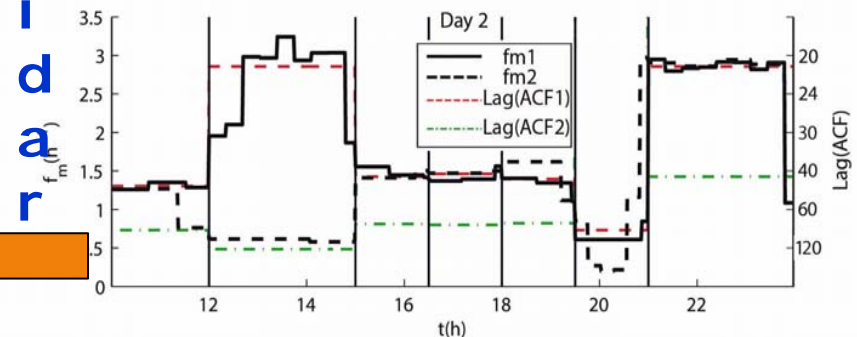
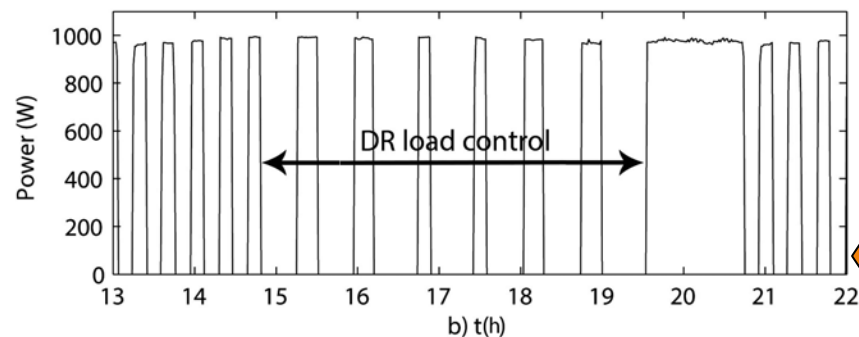
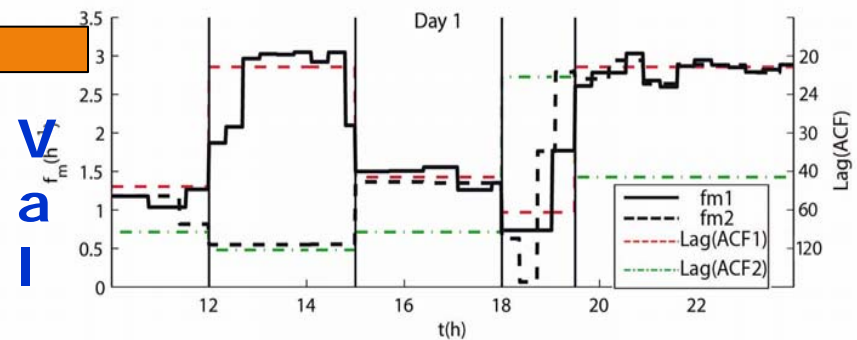
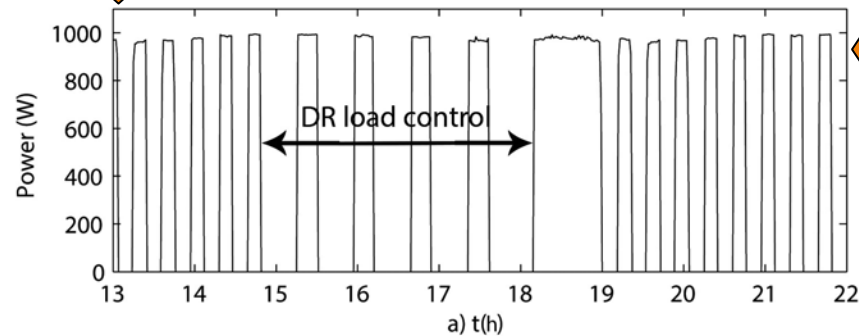
- **Resultados (3b): patrones de uso**
  - Desagregación de la curva de carga diaria (residencial)



**Transfor. Integral**



**Uso final controlado**



**valor diario**

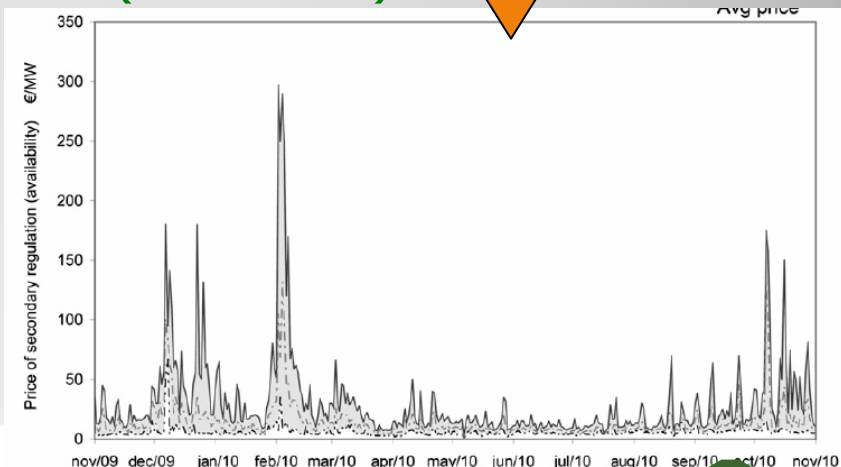
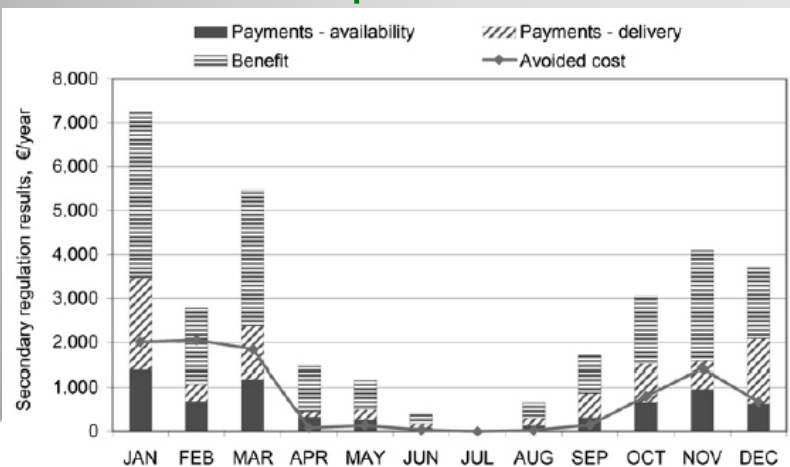
## DESARROLLO DEL PROYECTO

- Objetivo 4: *Agregación de la demanda*
  - 4.a Agregación de respuesta (100kW) para participación de cargas en Ancillary Services (AS)
    - Los resultados de 3 y 4 conformarán un artículo JCR
  - 4.b Modelos de evaluación de tecnologías eficientes (+ objetivo 2): da lugar a modelos de ofertas de capacidad vs. demanda agregada y modelos de coste-efectividad.
    - Los resultados de 3 y 4 conformarán un artículo JCR
    - Difusión: modelos sencillos de cálculo de coste-beneficio de la eficiencia: [www.demandresponse.eu](http://www.demandresponse.eu)
  - 4.b (bis) Se ha modelado la generación y almacenamiento móvil distribuido en un segmento con muy baja eficiencia: transporte por FFCC.

## DESARROLLO DEL PROYECTO

- **Objetivo 5: *Clasificación de mercados***
  - **5.a Analizar de requisitos de los mercados de AS (Serv. Complementarios) y de Capacidad**
    - **Simulación en mercados de operación en España.**
      - **Resultados publicados JCR (Energy, Elsevier 2012)**
  - **5.b Analizar la dependencia en precios de los mercados (utilizando medidas de volatilidad) en Europa y costa este de EEUU/Canadá (en desarrollo-pendiente).**
- **Objetivo 6: *Estudio de tecnologías incentivadoras de la Respuesta de la Demanda (anualidad 2013)***
  - **5.a Seguimiento del despliegue de tecnologías AMI (Ad. Meter Infrastructures) en EEUU y Europa.**
    - **Protocolo FS20 (Alemania), Zigbee, Belkin (EEUU)**
    - **Ensayos en laboratorio**
  - **5.b. Experiencia piloto UPV (pendiente)**

- **Resultados (5a): participación en mercados de operación**
  - Permitido en España a consumidores ofertando > 5MW
- Simulación de participación del sector industrial
  - Políticas: cámaras frigoríficas + ventilación (LIFE-DRIP)
  - Análisis de coste y beneficios (aplicados año 2010)
    - Pagos por energía no consumida y disponibilidad
    - Entre 4-5% costes energéticos del cliente
    - + Emisiones: - 3 al 5%
    - + Impacto en la red: - 6,2% (res. Sec.)





## DESARROLLO DEL PROYECTO

- Objetivo 7: *Difusión de resultados*
  - *Página web proyecto:* [www.demandresponse.eu](http://www.demandresponse.eu)
  - *Empresas*
  - *Congresos*
  - *Revistas*



The screenshot shows the homepage of the Demand Response (DR) project website. The header features the title "Demand Response (DR)" in orange, with links to the Spanish version ([www.gestiondelademanda.es](http://www.gestiondelademanda.es)) and the French version ([In French](#)). Contact information for Antonio Gabaldon is provided: emailto: antonio.gabaldon@upct.es, Professor, Electrical Eng. Opt. Un. Politécnica de Cartagena (SPAIN).

The main content area is divided into two columns. The left column, titled "Topics&Research:", lists various topics with expandable icons: Energy Efficiency (NEW), Demand-Side Management, Demand Response (DR), Energy Storage (ES), Distributed Generation (DG), Demand Aggregators (available 05/2012), Electric Haulage, and Publications: Journals (NEW). The right column features a red box with the text: "Topics: Energy Efficiency, Demand Response, Demand-Side Management, Demand Elasticity, Electricity Markets and Circuit Theory ...", a quote from Albert Einstein: "Make the things as simple as possible, but no simpler" (A. Einstein), and a statement: "...in our case... to promote Demand Response and Energy Efficiency in Europe". The box is dated "Updated: April 17th, 2013".

Below the main content, an "Acknowledgment" section states: "This web was supported by Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) and the Ministerio de Economía y Competitividad (Spanish Government) and FEDER (EU) funds under Research Projects ENE2007-67771-C02-02 & ENE2010-20495-C02-02".

At the bottom, there are logos for the Unión Europea (European Union), Fondo Europeo de Desarrollo Regional (European Regional Development Fund), GOBIERNO DE ESPAÑA (Spanish Government), and MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD (Ministry of Economy and Competitiveness).

The footer section, titled "Research Projects:", lists: Old projects (1992-2010), MICINN Research Projects (time schedule: 2007-2010); Plan Nacional de I+D+i 2007-2010, MICINN Research Projects (time schedule: 2011-2013); Plan Nacional de I+D+i 2008-2011, CIGRE: Demand-Side Initiatives, and Publications: Technical Reports & International Congress.

## RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

	Nacionales	Internacionales
Artículos científicos en revistas  (*): No listada JCR	-	MDPI-Entropy (2012) Elsevier-Energy (2012) Physica D (2012) IEEE-TPWRS (2013) JEPE (2011 y 2012)(*)
Libros, capítulos de libros y monografías	-	-
Conferencias en congresos	-	WREC-2011 IEEE-EPQ-2011 CIRED-2011 (2 trabajos) IEEE-PES-2012
Patentes	-	-



## RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

### Tesis doctorales realizadas

Titulo	Inicio	Final
Evaluation and Assesment of New Demand Response Products based on the use of Flexibility in Industrial Processes"	2007	2011
Diseño e implementación de una metodología de subasta iterativa aplicada a mercados eléctricos competitivos"	2006	2011
Modelo de mantenimiento operativo en explotación, orientado a la mejora de la fiabilidad y eficiencia energética, basado en gestión del conocimiento"	2008	2012
Gestión Integral de la Seguridad del Abastecimiento Eléctrico en Mercados Liberalizados"	2009	2012
Optimización de Recursos Energéticos en Zonas Aisladas Mediante Estrategias de Suministro y Consumo"	2010	2012
Los precios del mercado mayorista de la electricidad como expresión de la participación activa de la demanda: Aplicación a la economía experimental	2009	2012

## Internacionalización

- **Proyecto EU DRIP:** Demand Response in Industrial Production (equipo S01)
  - Programa LIFE 2012
  - Sectores alimentario y papeleras.
  - Socios: RWE, Campofrio, Klingiele Papierwrke, Energy Consulting Allgäu.
- **Universidades y Centros Investigación en EEUU:**
  - Lawrence Berkeley Nat. Lab. (LBNL)
  - University at Buffalo (State University NY)
    - Estancia de 1 investigador 12 meses
    - Reuniones de trabajo: impulsar propuestas I+D+i
- **Universidades Europeas:**
  - U. de Coimbra, Politécnico di Torino.

## EJECUCION DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTO EJECUTADO	S01	S02
Personal	N/A	N/A
Fungible	136,13	433,95
Inventariable	1427,2	-
Viajes y dietas	4121,97	1848,62
varios	2500	2369,05
Total	8185,30	4651,62

Gastos no contemplados en la solicitud original

No se han realizado gastos no contemplados en la solicitud original

## PLANTEAMIENTO FUTURO

- Existe voluntad de equipo de investigación de presentar nuevos proyectos a convocatorias nacionales y de la UE
- Posibles líneas de actuación:
  - Adaptación de herramientas del proyecto y anteriores a la evolución de la normativa de mercados (la regulación es muy cambiante a nivel internacional).
  - Experiencias piloto en la UE con agregadores de demanda (programas de demostración de los resultados y modelos obtenidos).