

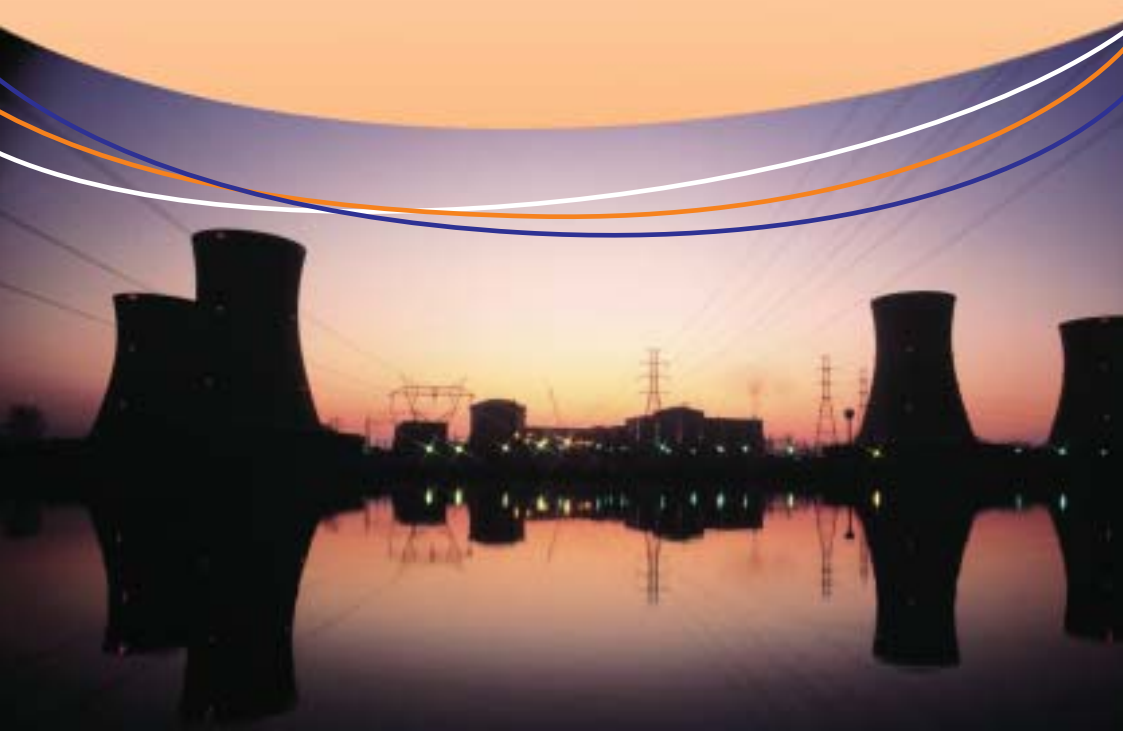


Madrid Ahora con Energía



Comunidad de Madrid  
Dirección General de Trabajo,  
Emprego y Muxas  
FUNDACIÓN DE ECONOMÍA  
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

# Guía Básica de la Gestión de la Demanda Eléctrica



# **GUÍA BÁSICA DE LA GESTIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA**

---

Madrid, 2007



Depósito Legal: M-21119-2007  
Diseño e Impresión: Gráficas Elisa, S.A.

## PRÓLOGO

La Comunidad de Madrid es una región netamente consumidora de energía. Según los últimos datos, sus necesidades energéticas actuales rondan los 11,3 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) al año, mientras que su producción de energía apenas alcanza el 3 % del total consumido.

Además, el continuo crecimiento de la economía madrileña está provocando aumentos de la demanda de energía superiores al 5 % anual; cifra que, si se compara con el crecimiento anual del PIB regional, da lugar a un claro incremento de la intensidad energética de la Comunidad. Es decir, que la Región no sólo consume mucha energía, sino que cada año consume más.

Este es el contexto energético en el que se mueve la Comunidad de Madrid, una región en la que, por su carácter esencial y sus particularidades propias, cobra una especial relevancia una fuente energética secundaria: la electricidad.

Así, es importante señalar que la demanda de energía eléctrica (que supone un 11 % del total nacional) ha mantenido un constante crecimiento en la Comunidad de Madrid, habiendo pasado de 22.353 GWh en el año 2001 a 27.007 GWh en el año 2005, lo que representa un incremento superior al 20 % en cuatro años.

A su vez, el máximo valor de potencia demandada, denominada punta, asume un papel esencial en la cobertura de la demanda, ya que de su valor, junto al de la capacidad de respuesta del sistema eléctrico, va a depender que se puedan producir cortes de suministro en la Región.

Las puntas de demanda actuales, que superan los 5.600 MW (un 12 % de la demanda de potencia punta total nacional) y que presentan

fuertes crecimientos cada año, convierten a esta región en la Comunidad Autónoma uniprovincial con el valor más alto de la Península y entre la tercera y cuarta del conjunto nacional, después de Cataluña, Andalucía y Comunidad Valenciana.

La potencia instalada en Madrid no llega al 0,5 % del total nacional, y la producción eléctrica propia no cubre ni el 5,2 % de la energía eléctrica final consumida, por lo que el déficit resultante debe paliarse "importando" el 94,8 % restante del resto del territorio nacional a través de una amplia red que transporta esta energía desde sus puntos de generación.

Ante esta complicada situación energética, el Gobierno Regional decidió a comienzos de la legislatura elaborar un Plan Energético cuyo contenido fue hecho público en marzo del año 2005. Dicho Plan, que cubre el periodo 2004-2012, aglutina y fija los objetivos marco en los que se han de encuadrar las actuaciones en materia energética para los próximos años y que pueden resumirse en los siguientes:

- ▶ Adecuar la oferta de productos energéticos a la cobertura de necesidades en la Comunidad, mejorando la fiabilidad del suministro de electricidad, por actuaciones progresivas en toda la cadena de suministro (desde la generación al transporte y la distribución), así como en el sector gasista y de hidrocarburos.
- ▶ Mejorar la eficiencia de uso de los productos energéticos, propiciando el ahorro en su uso mediante la propuesta de medidas, tanto de carácter horizontal, como de incidencia directa sectorial.
- ▶ Fomentar la energía generada por fuentes renovables y respetuosas con el medio ambiente, duplicando la contribución actual de este tipo de fuentes de energía.

- ▶ Minimizar el impacto ambiental de nuestro consumo energético, evaluando adecuadamente sus influencias a nivel local, nacional y mundial, contribuyendo a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> energético al final del Plan.

Para lograr el cumplimiento de estos objetivos, el Gobierno Regional está acometiendo numerosas actuaciones que cubren campos tan variados como la elaboración de normativa específica, la oferta de líneas de ayudas encaminadas al fomento de la eficiencia energética y la promoción de las energías renovables, el desarrollo de actividades y campañas informativas y de concienciación o la elaboración de material divulgativo como trípticos, guías e informes.

Es en este último contexto en el que se enmarca la presente publicación, con la que la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica únicamente pretende llamar la atención de los madrileños sobre un problema real como es el imparable crecimiento del consumo de energía eléctrica y darles a conocer los principios básicos de la llamada gestión de la demanda eléctrica.

Sólo cabe esperar que ampliando los conocimientos de la población de la Comunidad de Madrid sobre la complicada situación energética en la que se encuentra la Región e informándola sobre las medidas que pueden adoptarse para paliarla, se logre finalmente que ésta tome conciencia sobre el problema energética y haga suyo el objetivo regional de lograr reducir el consumo energético un 10 % para el año 2012.

Este trabajo ha sido realizado por iniciativa de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, habiendo sido encomendada su elaboración técnica a LBEIN TECNALIA.



# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	9
2.	¿QUÉ ES LA GESTIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA? .....	21
3	EJEMPLOS DE INICIATIVAS DE GESTIÓN DE LA DEMANDA .....	30
3.1.	Ejemplos en España .....	30
3.1.1.	Ejemplo Iniciativas Nivel 1 (Ahorro de Energía) .....	30
3.1.2.	Ejemplos de Otras Iniciativas .....	35
3.2.	Ejemplos Internacionales .....	39
3.2.1.	Ejemplo Iniciativas Nivel 1 (Ahorro de Energía) .....	39
3.2.2.	Ejemplo Iniciativas Nivel 2 (Incentivos de Precios) .....	41
3.2.3.	Ejemplo Iniciativas Nivel 3 (Reducción temporal de cargas) .....	42
3.2.4.	Ejemplo Iniciativas Nivel 4 (Control Directo de Cargas) .....	43
3.2.5.	Ejemplo Iniciativas Nivel 5 (Mercado Negawatios) .....	44
4.	BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE DEMANDA ELÉCTRICA .....	44
4.1.	Beneficios Directos de los Participantes .....	45
4.2.	Beneficios Indirectos .....	46
4.3.	Ventajas para los Agentes Implicados .....	49
5.	BARRERAS PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA .....	51
6.	RECOMENDACIONES PARA FAVORECER LA IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE LA DEMANDA .....	56
7.	CONCLUSIONES .....	60
	ANEXO I: Esquema Actual de Tarifas Eléctricas .....	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64





## 1. INTRODUCCIÓN

La energía representa en nuestros días una pieza clave para cualquier país industrializado del mundo. Ésta es necesaria no sólo para garantizar el bienestar social de sus habitantes, sino para hacer funcionar su estructura económica.

Así, una buena gestión energética induce beneficios en todos los sectores de un país, permitiendo mejorar la competitividad de su economía frente a terceros, mientras que una carencia energética o una escasa racionalización de su producción transporte y distribución provocan situaciones como la sufrida en España durante los años setenta.

Lamentablemente, en numerosas ocasiones los países no parecen ser conscientes de los problemas estructurales que pueden aparecer a medio y largo plazo cuando basan su crecimiento económico en un consumo desmesurado de energía y no adoptan las medidas ade-

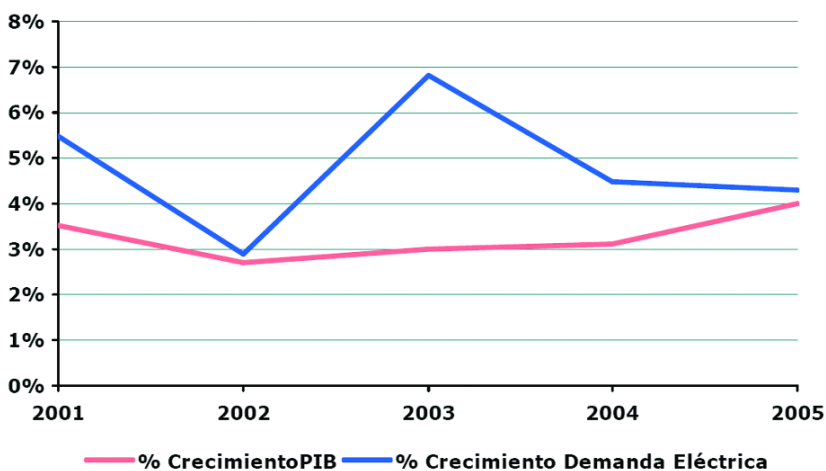


Figura 1. Relación de crecimientos en PIB y demanda eléctrica. Fuente REE.

cuadas para romper el vínculo directo entre ambas magnitudes. Este hecho se demuestra al examinar los resultados del desarrollo económico mundial producido durante la última década, en la que éste se ha saldado con un incremento de casi un 20 % en el consumo mundial de energía primaria.

Éste es, por ejemplo, el caso español, en el que las tasas de crecimiento económico de los últimos años, se han visto sistemáticamente superadas por los crecimientos de la demanda de energía eléctrica.

Además, salvo que se adopten medidas inmediatas, esta progresión alcista tenderá a mantenerse en el futuro, ya que las previsiones de desarrollo económico para los próximos años indican que el Producto Interior Bruto (PIB) seguirá aumentado y, por tanto, se prevén crecimientos aún mayores en la demanda eléctrica (2,4-3 % anual para 2007-2009).

En este escenario de creciente demanda eléctrica y necesidad de infraestructuras para soportarla, el panorama energético español se enfrenta a dos importantes retos:

1. Las infraestructuras de transporte y distribución eléctrica son relativamente antiguas, están alcanzando su límite de capacidad, pero la construcción de nuevas líneas y subestaciones genera un creciente rechazo social.
2. Las grandes infraestructuras de generación centralizada, tales como las grandes centrales térmicas, hidroeléctricas, nucleares o incluso eólicas, se enfrentan también a un creciente rechazo social a la hora de su implantación. Actualmente, la incipiente "generación distribuida" no es capaz de absorber las necesidades de crecimiento en generación.

En este contexto, esta publicación plantea la Gestión de la Demanda Eléctrica como una herramienta válida y viable para contribuir de una manera sostenible al desarrollo social y económico del país. Para ello, esta Guía Básica de la Gestión de la Demanda aborda qué es la Gestión de la Demanda Eléctrica, para qué sirve y cuáles son los retos para su desarrollo y despliegue.

### Qué es la Demanda de Energía Eléctrica

Antes de introducir el concepto de Demanda de Energía Eléctrica, conviene tener claras algunas de las características de la generación, transmisión y distribución de la electricidad que diferencian a ésta de otros vectores energéticos:

- ▶ La electricidad no se puede almacenar a gran escala con costes razonables.
- ▶ En consecuencia, el suministro de electricidad tiene que ser, en tiempo real, igual a su consumo. Es decir, que la generación eléctrica es básicamente igual a la demanda en cada instante (incluyendo las pérdidas que se producen en el sistema).
- ▶ La demanda eléctrica varía con el tiempo en función de los hábitos de los consumidores, la estructura productiva de la economía, climatología, estación del año, etc.
- ▶ Cada instalación de generación de electricidad tiene unos costes diferentes dependiendo del precio del combustible, gastos de mantenimiento, amortización de las instalaciones, etc.

Estas características influyen en lo que se denomina perfil de la demanda y la distribución horaria de precios de la energía eléctrica.

A modo de ejemplo, la siguiente figura muestra el consumo agregado diario del lunes 30 de Octubre de 2006 en España, e ilustra la idea del perfil, o curva, de la demanda eléctrica.

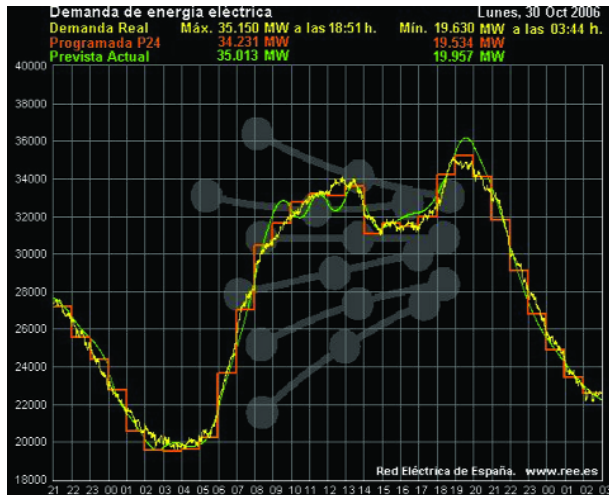


Figura 2. Ejemplo de Curva Diaria de Demanda Eléctrica.

En este ejemplo, se aprecia cómo la demanda va variando a lo largo del día, dándose el momento de máximo consumo sobre las 19:00 horas, y el de mínimo consumo sobre las 04:00. Estos datos no son casuales o específicos del día en el que se tomaron, sino que la curva de demanda, aunque varía, lo hace dentro de ciertos parámetros conocidos por la experiencia. La razón de esto hay que buscarla en los patrones de consumo de los principales segmentos de consumidores, los cuales no varían drásticamente en cortos intervalos, sino que son más bien estables y predecibles debido las tendencias que van mostrando a lo largo del tiempo:

- ▶ Ciclos de consumo en sector residencial: iluminación, consumo de TV, lavadoras y electrodomésticos, etc.

- ▶ Horarios del sector terciario (Oficinas y servicios): horario de entrada y salida, periodos de máximo consumo de calefacción y aire acondicionado, etc.
- ▶ Patrón de consumo industrial y sector primario.

En la gran mayoría de los casos, los principales consumidores de energía eléctrica son los sectores industrial y residencial. El primero se caracteriza por un pequeño número de consumidores con un elevado consumo y, el segundo, por un elevado número de consumidores con un bajo consumo eléctrico.

La demanda eléctrica no sólo tiene patrones diarios, sino que también se aprecian fluctuaciones dependiendo del mes, año, etc. La curva agregada mensual de demanda eléctrica, refleja la estacionalidad del consumo en el año, así como su clara tendencia alcista a largo plazo.

Respecto a la influencia de la demanda en el precio de la energía eléctrica, sirve de ejemplo la siguiente figura, que muestra la evolución de los precios del mercado diario de la energía eléctrica duran-

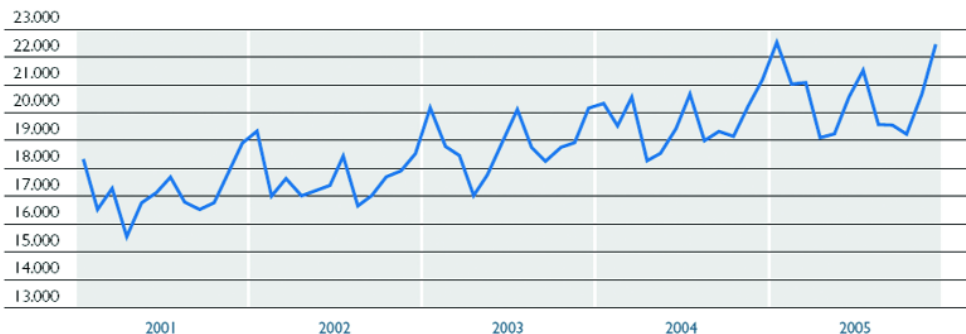


Figura 3. Evolución mensual de la demanda de energía eléctrica en barras de central (GWh)  
Extracto de "Sistema Eléctrico Español 2005". Fuente REE

te el día 30 de Octubre del 2006 (para evitar confusiones se debe tener en cuenta que el precio diario sólo es una de las partes del precio total de la energía):

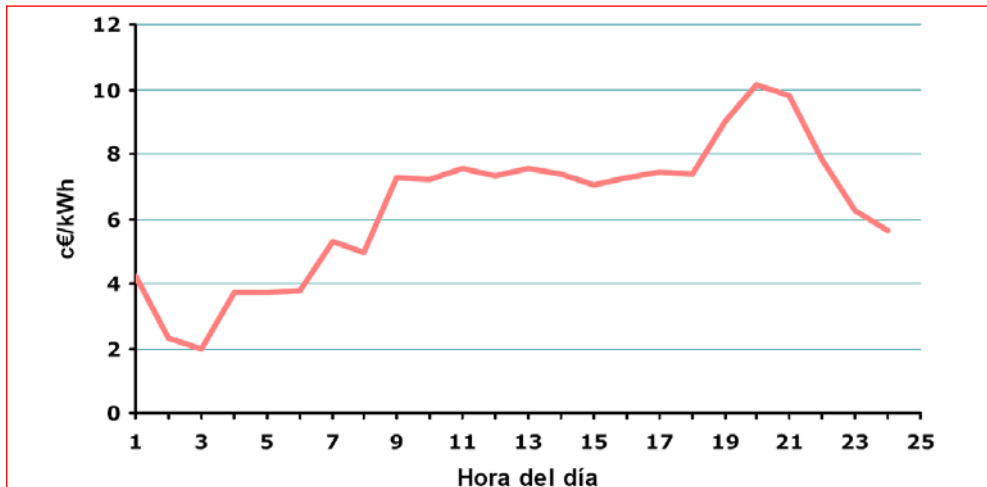


Figura 4. Precio Horario Final E.Eléctrica 30/10/2006.Fuente REE

Como se puede ver en la Figura 4, el precio a las 20:00 (pico de la demanda) fue 5 veces superior a las 03:00 (valle de la demanda). Dependiendo de las condiciones estructurales y específicas del sistema eléctrico, la diferencia entre precios máximos y mínimos a lo largo de un día puede variar más o menos. La Gestión de la Demanda puede ayudar en gran medida a disminuir la volatilidad de los precios y hacer, de esta manera, que éstos se aproximen en mayor medida al coste marginal de la generación y el transporte de energía.

En definitiva, los costes reales incurridos en atender la demanda eléctrica derivan básicamente de cuánto se consume, y de cuándo

se consume. Y, por tanto, los programas de Gestión de la Demanda Eléctrica se centran en la optimización relativa de estos dos parámetros.

### El Sistema Eléctrico Español: los Picos en la Demanda

A fin de asegurar un mínimo en la calidad y seguridad del suministro, el sistema eléctrico necesita mantener un cierto índice de cobertura de la demanda, es decir, un margen entre la potencia eléctrica instalada disponible en las centrales y el pico de demanda eléctrica previsto.

Esto implica que parte de las instalaciones de generación, así como redes de transporte y distribución, sólo se requieran para cubrir los picos de demanda. El resto del tiempo, estas infraestructuras están sin utilizar, y no sólo están sin producir, sino que a fin de estar preparadas para entrar a cubrir las puntas, consumen importantes recursos en operación y mantenimiento.

A modo de ejemplo cabe destacar que en todo 2005, en España, una potencia instalada aproximada de 4.000 MW (el equivalente a 4 centrales nucleares) sólo generó electricidad durante aproximadamente 100 h a lo largo de todo el año. Este dato refleja cuantitativamente la naturaleza de los picos en la demanda.

A continuación figura la gráfica de cuántas horas al año se demanda cierta cantidad de potencia (monótona de la demanda). En ella se aprecia cualitativamente la magnitud de las puntas, y se ha indicado a trazos la línea de las 100 horas.

De estos datos se puede deducir que la influencia y magnitud de las puntas ha sido considerable, por lo menos hasta 2005. En cuanto a



la tendencia futura, sabemos que mientras la demanda total ha aumentado un 26 % entre 2000 y 2005, las puntas han crecido un 31 %.

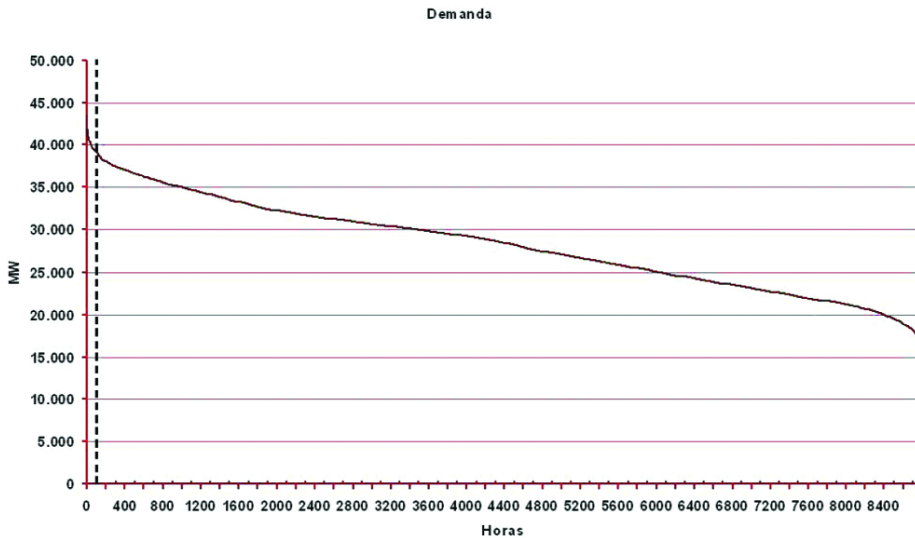


Figura 5. Monótona Anual de la Demanda Eléctrica en España 2005. Fuente REE

Y si el aumento de la punta de demanda en el conjunto del sistema español resulta significativo, el aumento en regiones concretas, como Sevilla o la Comunidad Valenciana, ha roto todas las previsiones. La red de distribución en ciertas zonas está próxima a la saturación, y los disparos e interrupciones de suministro son una realidad que preocupa a los responsables del sistema y a la sociedad en general.

Los picos en la demanda eléctrica, en definitiva, están creciendo por encima de la demanda anual acumulada. La consecuencia directa es que el sistema eléctrico español, tanto en generación como en trans-

porte y distribución, tiene cada vez una mayor necesidad de renovarse y ampliar su capacidad para atender las puntas.

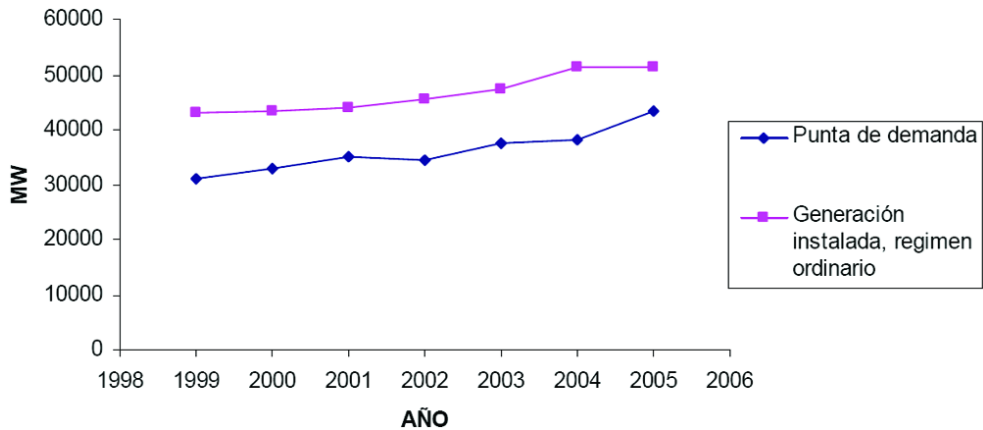


Figura 6. Evolución de los picos de demanda entre 1999 y 2005.

Por lo argumentado anteriormente, gran parte de esta nueva capacidad estará destinada a atender puntas, por lo que su tiempo efectivo de utilización será bajo. Debido a esto, los costes económicos, sociales y medioambientales de estas nuevas instalaciones (plantas de generación, líneas de alta tensión, subestaciones, etc.) serán más difíciles de rentabilizar o justificar.

La influencia de todo esto en el precio de la energía eléctrica se traduce en que el coste de cada MWh producido y distribuido al consumidor puede sufrir variaciones importantes. Durante unas pocas centenas de horas anuales, en los momentos de máxima demanda, la energía eléctrica tiene unos costes económicos y sociales mucho más altos que en las horas de bajo consumo, también denominadas horas valle.

El Mercado Eléctrico Español está regulado de tal forma que la mayoría de los consumidores (sector residencial, pequeños consumidores, etc.) están sujetos a tarifas eléctricas fijas. Esto provoca que buena parte los consumidores no sean conscientes de estas variaciones de precio que se producen en el mercado cada hora. Por lo tanto, en este aspecto, la respuesta de los consumidores no se encuentra incentivada hacia la racionalización y eficiencia global de la energía eléctrica.

Estos datos invitan a pensar que la Gestión de la Demanda en España, puede reportar importantes beneficios, ya que puede facilitar un consumo racional de la energía y, por lo tanto, su adecuación a los recursos existentes, y en consecuencia reducir la necesidad de renovar la infraestructura y de arrancar centrales de generación innecesarias. Además, todo ello podría redundar en una reducción del coste de la energía y de las inversiones, permitiendo a las empresas de distribución el ofrecer servicios más competitivos y de mayor calidad.

La articulación de sistemas y mecanismos que aporten incentivos y que permitan racionalizar la manera en la que todos los clientes finales consumen la energía eléctrica es fundamental para un correcto aprovechamiento de los recursos naturales.

### El Sistema Eléctrico Español: los Desequilibrios Regionales

Adicionalmente al problema creciente de los picos en la demanda, el sistema eléctrico español, y el de muchos otros países, se enfrenta al problema de la generación centralizada.

La generación centralizada, implica que la electricidad se genera a grandes distancias de los puntos de consumo. En este caso, la red eléctrica

es la encargada de transportar la energía eléctrica desde los puntos de generación hasta cada consumidor.

En zonas donde hay mucho consumo y poca generación pueden existir problemas de congestión de la red, debido a la saturación de las líneas de transporte. Es decir, las líneas eléctricas están dimensionadas para transportar una cantidad máxima de potencia. En el caso de que en un punto se consuma mucha energía pero no se genere, será necesario traer esa energía desde los centros de producción, principalmente, a través de las líneas de transporte y distribución. Si las líneas llegan a límites cercanos a su capacidad máxima, lo que generalmente sucederá en los momentos de mayor consumo, los riesgos para la seguridad y calidad del suministro de energía eléctrica aumentarán, bien en amplias zonas o en áreas localizadas.

El siguiente gráfico muestra los desequilibrios locales entre generación y demanda en España:

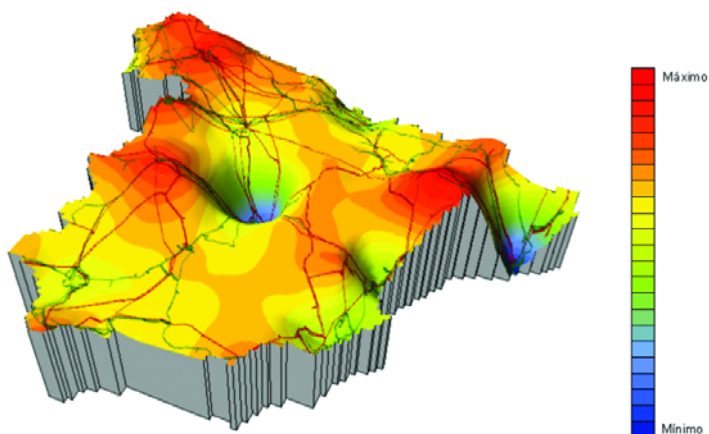


Figura 7. Potencia Eléctrica Generada-Potencia Eléctrica Consumida. Fuente REE

En el gráfico se aprecian depresiones azuladas en las zonas en las que existe un importante déficit de generación frente a la demanda, y, por tanto, esto requiere una mayor capacidad en la red de transporte eléctrico para contrarrestar el desequilibrio.

Existen varias alternativas para evitar los riesgos que puede causar este desequilibrio y mantener unos altos niveles de fiabilidad en la red eléctrica:

- ▶ Trabajos de mejora en el sistema eléctrico como, por ejemplo, nuevas centrales de generación, construcción de nuevas líneas de transporte, etc. Estas medidas suponen, en general, grandes inversiones y posibles costes sociales y medioambientales, que habrá que tener en cuenta con el fin de que sean los menores posibles.
- ▶ La incorporación de generación cerca de los lugares de consumo (Generación Distribuida) de manera que, además de la congestión de las líneas, se disminuyan las pérdidas eléctricas en el sistema, lo que contribuiría a la mayor eficiencia de éste. En este sentido, la red podría permitir ciertos niveles de penetración de Generación Distribuida sin necesidad de mayores cambios en su estructura.
- ▶ Una gestión eficaz de la demanda que permita disminuir los grandes picos de consumo, de manera que los recursos del sistema eléctrico se utilicen con una mayor eficiencia.

Hasta ahora, la primera de las soluciones propuestas anteriormente ha sido la más empleada por los gestores de la red. Sin embargo, las redes del futuro, que se prevén cada vez menos pasivas y más activas, es decir, más inteligentes, deberán afrontar el problema del incremento del consu-

mo energético y la escasez de recursos empleando todos los medios existentes a su disposición.

### La Perspectiva Europea

La Comisión Europea ha realizado un análisis para conocer la estrategia a seguir para garantizar la seguridad de suministro (*Towards a EU strategy for the security of energy supply* (COM (2002) 321)), una de cuyas conclusiones es la siguiente:

*"Existen pocas posibilidades para actuar en el suministro y por consiguiente, la estrategia a seguir consiste en la actuación sobre la demanda."*

Entre las medidas a adoptar se encuentra la directiva sobre uso eficiente de la energía y servicios energéticos (*Directive on energy end-use efficiency and energy services* (COM (2003) 739)) que estima que, hoy en día, debido a las múltiples barreras e imperfecciones que todavía existen en el mercado eléctrico, muchas de las posibilidades de ahorro en la utilización de energía se encuentran aún sin explotar. En el sector industrial se estima un potencial de ahorro del 17 % respecto al consumo anual final, que podría conseguirse para el año 2.010. Mientras, en el sector doméstico y terciario las posibilidades se estiman en un 20 %.

## 2. ¿QUÉ ES LA GESTIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA?

La demanda eléctrica, tal y como se ha visto en el capítulo anterior, es variable en el tiempo (minutos, horas, días, etc.). Teniendo esto en cuenta, la Gestión de la Demanda Eléctrica (GDE) se puede definir como el conjunto de diferentes medidas que persiguen influir en el

consumidor para que modifique su patrón de demanda (cuánto y cuándo consume), con el fin de lograr, no sólo un ahorro neto de energía, sino también un uso más eficiente de la misma.

La GDE tiene que ser parte del camino que se está recorriendo hacia un sistema energético más flexible y sostenible. Como veremos más ampliamente en esta guía, la GDE tiene un enorme potencial para la mejora de la calidad de suministro eléctrico, la gestión de la red, la fiabilidad de suministro, el ahorro energético, etc. Muchos agentes del sector eléctrico a nivel internacional refuerzan esta afirmación, y existe un amplio consenso en destacar que una de las características más determinantes de las redes eléctricas del futuro será la capacidad de los consumidores de jugar un papel activo en la cadena del suministro eléctrico.

### Definición de la Gestión de la Demanda Eléctrica

Dentro de lo que vamos a considerar Gestión de la Demanda Eléctrica caben muchos conceptos que se utilizan de forma diferente según el país y el contexto en los que se empleen y el tipo de medidas a los que hagan referencia. Por esto, la definición de Gestión de la Demanda es muchas veces poco clara y ambigua. Como muestra, citaremos algunos de los términos anglosajones que podemos encontrar en la bibliografía haciendo referencia a algún tipo o al conjunto de la Gestión de la Demanda, junto a alguna de sus posibles definiciones:

- ▶ *Demand Side Management (DSM)*: en general, término utilizado para las iniciativas de GDE relacionadas con el ahorro energético.
- ▶ *Demand Response (DR) o Demand Side Response (DSR)*:

término relacionado con la respuesta activa del consumidor a señales externas que hacen referencia a niveles de demanda agregada, por ejemplo, a incentivos de precio.

- ▶ *Demand Side Bidding (DSB)*: parte de la gestión de la demanda relacionada con la oferta de consumos negativos en un mercado que permita hacerlo.
- ▶ *Demand Side Integration (DSI)*: definición propuesta por el grupo WG C6.09 de CIGRE para agrupar todos los conceptos incluidos dentro de la GDE.

Ya se ha podido observar y se ampliará a continuación, que en la GDE se incluyen medidas que, hasta cierto punto, pueden parecer bastante diferentes entre sí. Desde las iniciativas dirigidas al ahorro energético a través de la mejora en la eficiencia de los equipos eléctricos, hasta sofisticados mercados de DSB, se pueden incluir dentro de lo que vamos a considerar genéricamente como Gestión de la Demanda Eléctrica.

## Niveles en la Gestión de la Demanda Eléctrica

Atendiendo al grado de interacción entre el consumidor y el sistema eléctrico, la Gestión de la Demanda se puede clasificar en diferentes niveles, que a su vez articulan los siguientes tipos de gestión de la demanda. Todos ellos van a estar incluidos dentro de lo que vamos a considerar en esta guía como GDE.

### **Nivel 1: Programas de Ahorro y Eficiencia**

La mayoría de las acciones y programas de Gestión de la Demanda actuales se podrían incluir en esta categoría, que básicamente con-



siste en iniciativas que promocionan el aumento de la eficiencia energética de los equipos eléctricos y, por consiguiente, también impulsan una reducción de la demanda y consiguen ahorros energéticos sin pérdida de calidad de vida.

El efecto sobre la demanda eléctrica es por tanto indirecto, con efectos de largo plazo, y enfocados exclusivamente a reducir la potencia consumida, sin considerar el horario de consumo.

## **Nivel 2: Programas de Control de Cargas Eléctricas Indirecto mediante Tarificación**

Estas iniciativas están basadas en enviar señales de precio a los consumidores eléctricos. La respuesta de los consumidores depende, en este caso, de la sensibilidad de los consumidores a precios temporalmente altos del kWh. Existe un amplio abanico de iniciativas de este tipo, pero la característica básica de todas ellas es que el precio de la electricidad es distinto en diferentes periodos del día. Tanto los precios como los periodos de tiempo pueden ser fijos y preestablecidos (normalmente definidos por contrato) o completamente variables (como, por ejemplo, basados en los precios del mercado diario de electricidad).

Algunas de las modalidades más conocidas de este tipo de iniciativas son las siguientes:

- ▶ Tarifas de periodo de utilización (*Time of Use Tariff - TOU*): este tipo de tarifas definen bloques de horas con diferentes precios que reflejan los costes medios durante esos periodos definidos. Un ejemplo actualmente en uso en España es el de la tarifa nocturna para pequeños consumidores (ver resumen de tarifas en ANEXO I).

- ▶ Precios de momento crítico (*Critical Peak Pricing - CPP*): son precios que se asignan a horas en las que los costes de producción y los precios de mercado son muy altos, debido a una gran demanda o a una falta de producción. Su intención es reducir el pico de consumo por medio de la super-imposición de una tarifa eléctrica muy alta a las tarifas eléctricas fijas de único periodo o, a las anteriormente mencionadas, TOUs. El consumidor tiene noticia de estos precios con relativamente poca antelación a los periodos en los que se aplican.
- ▶ Precios en tiempo real (*Real Time Pricing - RTP*): con estas tarifas el precio de la electricidad refleja el precio establecido en el mercado, normalmente en periodos horarios, determinados según el mercado diario o el intradiario. Este último sistema evita las incertidumbres a la empresa comercializadora y se las pasa íntegramente al consumidor final, quien tiene que preocuparse de seguir los precios de mercado y afrontar los gastos de participar en él.

### **Nivel 3: Programas de Control Indirecto de Cargas Eléctricas mediante Contratos o Incentivos**

Son iniciativas de control indirecto de las cargas (equipos eléctricos) que fuerzan o animan a los consumidores a reducir su consumo durante ciertos periodos de tiempo. Los programas de Nivel 3 modifican el patrón de consumo basándose en ofertas de ahorro en la factura eléctrica, a cambio de reducciones temporales de la demanda. Habitualmente, las reducciones de demanda se comparan con respecto a un hipotético "caso base" (o *baseline*) de consumo.

En definitiva, la reducción debe ser realizada por el mismo consumidor, el cual recibe un incentivo económico proporcional a su reducción sobre su consumo normal.

Las iniciativas de control indirecto de carga se articulan mayoritariamente a través de programas en los que existen unas reglas fijas a las que tienen que atenerse los clientes participantes. Los clientes se comprometen a reducir su consumo en un valor mínimo cuando el operador del sistema se lo pide.

El tiempo de respuesta requerido (tiempo entre la comunicación del requerimiento de disminución de consumo hasta que ésta se tiene que llevar a cabo) varía desde los 30 minutos hasta varias horas. La comunicación de la orden de reducción de carga se realiza a través del teléfono, fax o del correo electrónico. Cuanto mayor sea el número de vías de comunicación paralelas disponible, mejor resulta la respuesta por parte de los consumidores. Las formas de retribución son diversas pero van desde simples rebajas en la tarifa eléctrica hasta complicados sistemas en los que los clientes perciben un fijo más el coste de la carga reducida en el mercado durante el periodo de reducción.

Ejemplo de este tipo de iniciativas, tal y como se explica en el Apartado 3.1.2, son los contratos de interrumpibilidad de Red Eléctrica de España (REE).

#### **Nivel 4: Programas de Control Directos de Cargas Eléctricas**

Estas iniciativas se denominan genéricamente programas de control directo de cargas. Los operadores del sistema u operadores del programa desconectan directamente parte de los equipos con consumos eléctricos (cargas) de sus clientes. Este tipo de iniciativas requiere la existencia de un sistema de comunicación directo entre el promotor del programa y el consumidor que participa en él.

Estos métodos, si bien no son muy comunes en Europa, han sido usados satisfactoriamente por los operadores de distribución estadounidenses durante los últimos 20 años. El sistema general de control consiste en agrupar electrodomésticos del mismo tipo y controlar a todos los aparatos del grupo de la misma manera [5-8]. Los grupos pueden incluir varias decenas de miles de aparatos. Los electrodomésticos susceptibles de ser controlados son aquellos que poseen algún tipo de inercia térmica tales como calentadores de agua, calefacciones y equipos de aire acondicionado. Las acciones de control consisten en establecer secuencias de conexión y desconexión a cada grupo. Las condiciones de control se establecen mediante contratos que especifican el número y duración de las interrupciones que puede sufrir cada aparato. A cambio de la posibilidad de desconexión, los clientes reciben una rebaja en su factura eléctrica.

### **Nivel 5: Programas de Mercados de Gestión de la Demanda**

Este nivel, en el que se incluyen los programas de *Demand Side Bidding*, comprende las iniciativas o estructuras de mercado que permiten que los clientes eléctricos participen ofertando reducciones de carga. En ocasiones determinadas, en este tipo de mercados, el consumidor puede presentar ofertas de reducción de su consumo a un precio determinado. Si la oferta es aceptada, el consumidor ejecutará, él mismo, la reducción de consumo.

Existen otras posibles clasificaciones, como la definida por la Agencia Internacional de Energía (IEA). Esta organización distingue entre las actividades de Gestión de la Demanda Eléctrica que afectan a la curva de carga (que se corresponden con los Niveles 2 a 5 definidos anteriormente) y las que afectan al nivel de consumo (iniciativas de tipo 1). Afectar la forma de la curva de demanda significaría, según lo visto hasta ahora:

- ▶ Reducir los picos de demanda, especialmente cuando el consumo se acerca a los niveles máximos posibles de generación en el sistema.
- ▶ "Mover" (posponer o adelantar) consumos de energía en el tiempo, dentro de un día, una semana, un año, etc.
- ▶ "Rellenar" los valles de consumo para utilizar más eficientemente las fuentes energéticas disponibles.

De la misma manera, afectar el nivel de consumo comprendería lo siguiente:

- ▶ Reducir la demanda general en un contexto de suministrar los mismos servicios energéticos requeridos hasta ahora por los consumidores pero utilizando menos energía.
- ▶ Promover un crecimiento estratégico, principalmente, por medio de sustituir un tipo de suministro energético por otro con características más favorables, por ejemplo, en lo que respecta a impacto medioambiental.

### Cómo actúa la Gestión de la Demanda Eléctrica

A continuación, se ilustra un ejemplo típico del efecto de la Gestión de la Demanda en un consumidor concreto. La siguiente figura representa la curva agregada de demanda eléctrica en España a lo largo de 24 horas (en azul), y se compara con la hipotética curva agregada pero aplicando un sistema de control activo de la demanda (en rosa):

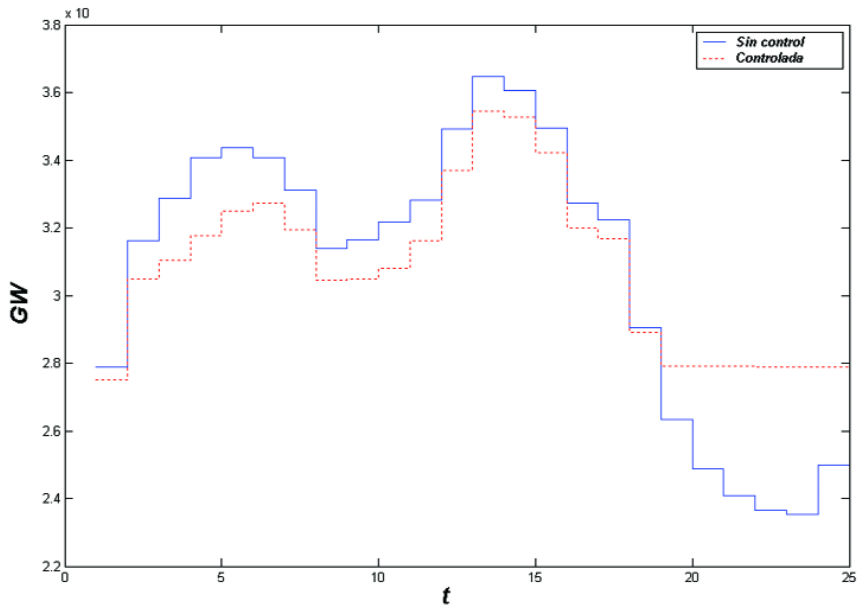


Figura 8. Curva de demanda eléctrica agregada en España con y sin control activo.

La energía consumida es la misma en las dos curvas representadas, pero la reducción de picos y la distribución homogénea de ese consumo a lo largo de las horas valle nocturnas, facilitan considerablemente el despacho de las plantas de generación, y reducen la saturación del sistema de distribución y transporte eléctrico al reducir la demanda máxima (pico de consumo).

### 3. EJEMPLOS DE INICIATIVAS DE GESTIÓN DE LA DEMANDA

#### 3.1. Ejemplos en España

##### 3.1.1. Ejemplo Iniciativas Nivel 1 (Ahorro de Energía)

###### Programas de Iniciativa Pública

Hoy en día en España es muy difícil crear un modelo de negocio viable basado en la promoción del ahorro energético, luego la gran mayoría de estos programas, dado su interés general, tienen como promotores a entidades y administraciones públicas.

Este es el caso de la llamada "Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4)", aprobada por el Gobierno de la Nación el 28 de noviembre de 2003 y en la que éste propone, para cada uno de los principales sectores involucrados, una serie de medidas que deben adoptarse durante el citado periodo.

También se ajusta a esta filosofía la campaña "Madrid Ahorra con Energía", lanzada por la Comunidad de Madrid a finales del año 2005 y que ha sido concebida como un conjunto completo de actuaciones en los distintos ámbitos y sectores sociales de la Región -ciudadanos, empresas, asociaciones, organismos oficiales, estudiantes, etc.- con objeto de promocionar el ahorro y la eficiencia energética.

Madrid Ahorra con Energía se desarrolla en las siguientes siete sub-campañas:

- a) Madrid Etiqueta **Ahorrando** Energía, cuyo objetivo es promocionar el uso de electrodomésticos energéticamente eficientes, es decir, los conocidos como clase A;

- b) Madrid Educa **Ahorrando** Energía, destinada a formar a los alumnos y profesores en conceptos relacionados con la utilización eficiente y racional de la energía;
- c) Madrid Ilumina **Ahorrando** Energía, que busca fomentar la utilización de lámparas de bajo consumo y promover la implantación de medidas encaminadas al ahorro energético en alumbrado público;
- d) Madrid Acoge **Ahorrando** Energía, cuyo fin es promover medidas de ahorro energético en el sector de la hostelería;
- e) Madrid Fabrica **Ahorrando** Energía, similar a la anterior pero enfocada al sector industrial;
- f) Madrid Vive **Ahorrando** Energía, que ha sido concebida para informar a todos los consumidores y usuarios sobre medidas para el ahorro energético y de agua en el hogar; y
- g) Madrid Gestiona **Ahorrando** Energía, que intentará reducir el consumo de los edificios públicos de la propia Comunidad de Madrid a través de medidas directas sobre sus instalaciones, mejoras en la operación y el mantenimiento de las mismas y campañas de concienciación y sensibilización dirigidas a su personal.

Como ejemplos representativos de este tipo de iniciativas cabe destacar los siguientes:

- ▶ **Plan Renove de Electrodomésticos de la Comunidad de Madrid 2006:** su objetivo es la renovación de electrodomésticos en el sector doméstico, sustituyendo los antiguos por otros más eficientes con etiquetado energético Clase A o superior.



La iniciativa se articula básicamente a través una campaña de concienciación ciudadana, adhesión de fabricantes, y la subvención parcial de la compra de los electrodomésticos (frigoríficos, congeladores, lavadoras y lavavajillas) a través de un incentivo directo que se aplica al adquirir el equipo (80 € por electrodomésticos en la campaña de 2006).



Figura 9. Certificación Energética de Electrodomésticos.

- **Plan Renove de Maquinaria Industrial de la Comunidad de Madrid:** con esta actuación se pretende promover Inversiones en el sector industrial que vayan destinadas a la sustitución de equipos e instalaciones consumidores de energía por otros de similares o mejores prestaciones que utilicen tecnologías de alta eficiencia o la mejor tecnología disponible con objeto de reducir el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

- **Certificación Energética de Edificios:** Esta es una iniciativa que tiene su origen en la Directiva Europea 2002/91/CE, recientemente transpuesta a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

La Directiva Europea 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética. Este certificado deberá incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda

valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

El futuro certificado asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que análogamente a la certificación de los electrodomésticos, variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Su impacto sobre la demanda eléctrica (ahorros en calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, iluminación y ventilación) se prevé gradual porque sólo afectará a edificios nuevos o rehabilitados, pero reportará significativos y duraderos ahorros a largo/medio plazo.

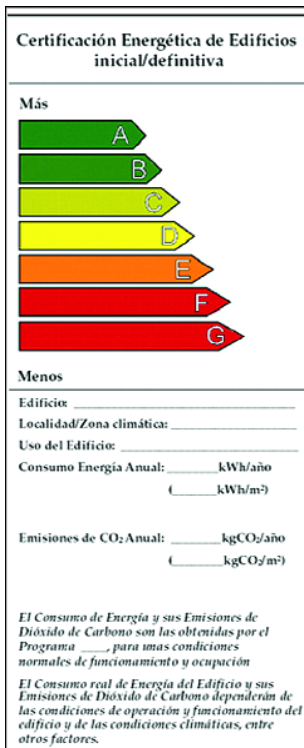


Figura 10. Certificación Energética de Edificios.

## Programas de Iniciativa Privada

Si bien en España las experiencias en este campo están por desarrollarse fuera del sector industrial, en Europa y EE.UU. existe ya un amplio sector productivo basado en el negocio de la promoción de proyectos de eficiencia energética para los sectores doméstico y de oficinas.

Estos proyectos de eficiencia se basan en negocios explotados por empresas de servicios energéticos (ESCOs) y un tipo de contratos de financiación por terceros (TPF) llamados Contratos de Ahorro de Energía o Contratos EPC (*Energy Performance Contracts*). Este tipo de contratos, consisten en la ejecución y mantenimiento de acciones (proyectos de mejora, instalaciones ineficientes, etc.) con capacidad de producir ahorros en el coste energético. Las ESCOs garantizan a sus clientes un ahorro energético prefijado, y se quedan con el resto de ahorros en la factura para financiar el coste de las acciones.

En países como Italia, Francia o Reino Unido, existen unos instrumentos financieros llamados Certificados Blancos, que análogamente a los Certificados de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, remunerar la promoción de la eficiencia energética.

En estos países, las compañías comercializadoras de gas y electricidad están obligadas a obtener un cupo determinado de Certificados Blancos en función de su volumen. Estos certificados, sólo se obtienen mediante la ejecución y certificación de acciones y proyectos de ahorro de energía. Los Certificados Blancos pueden ser obtenidos por cualquier agente cualificado, que a su vez podrá vendérselos a las compañías mediante un mercado creado al efecto (Reino Unido) o mediante acuerdos bilaterales.

### **3.1.2. Ejemplos de Otras Iniciativas**

#### Tarifa Nocturna (Nivel 2)

La Tarifa Nocturna (tarifa 2.0N), orientada al consumidor doméstico y pequeño comercio, es una modalidad de contratación para potencias menores de 15 kW, en la que los consumos nocturnos se facturan a mitad de precio que los diurnos. En esta tarifa, tal y como se indica en el ANEXO I, los precios diurnos son ligeramente penalizados.

Esta diferenciación de precios se logra mediante un contador de doble tarifa y un reloj conmutador, que permite medir el consumo que se ha realizado en cada periodo.

Aunque hay algunos electrodomésticos que se pueden utilizar durante la noche, como la lavadora o el lavavajillas, la Tarifa Nocturna resulta rentable si se dispone de un termo de agua caliente de más de 100 litros o de aparatos acumuladores de calor para calefacción eléctrica por acumulación.

En Septiembre de 2005, de los aproximadamente 24 millones de consumidores en baja tensión, poco más de 1 millón tenían tarifa nocturna.

#### Contrato de Interrumpibilidad (Nivel 3)

Red Eléctrica Española, REE, tiene operativo un programa de interrumpibilidad para grandes clientes industriales. Los participantes disfrutan de tarifas reducidas durante el año, a condición de reducir obligatoriamente su consumo bajo petición. REE tiene una cartera de

clientes con 3.700 MW de capacidad interrumpible. Este tipo de contrato se clasifica como de Nivel 3 según la nomenclatura empleada.

Las condiciones se contratan basándose en el grado de flexibilidad de los clientes y se resumen en la siguiente tabla:

	Tiempo entre el aviso y la Interrupción	Duración Máxima de la Interrupción
Opción A	de 2 a 16 horas	12 horas
Opción B	de 2 a 6 horas	6 horas
Opción C	1 hora	3 horas
Opción D	30 minutos	45 minutos

Tabla 1. Contratos de Interrumpibilidad en España. Fuente REE

A modo de ejemplo, a continuación se ilustra un ejemplo crítico de interrumpibilidad acontecido el martes, 1 marzo de 2005:

- ▶ El día anterior, lunes 28 de febrero de 2005, la demanda alcanzó un pico anual de invierno de 40.090 kW de demanda, y se preveía un aumento para el día siguiente debido a las bajas temperaturas. La situación era crítica y el sistema necesitaba generación adicional para mantener los índices de seguridad y cobertura.
- ▶ Simultáneamente, se produjeron dos problemas en el suministro eléctrico. Por un lado, en esas fechas había escasez en el suministro de gas natural para las grandes centrales de ciclo combinado. Adicionalmente, y ese mismo día, los vientos amainaron en la Península y la generación eólica dejó de aportar casi 3000 MW. En

definitiva, se produjo una caída en la generación en un momento de máxima demanda.

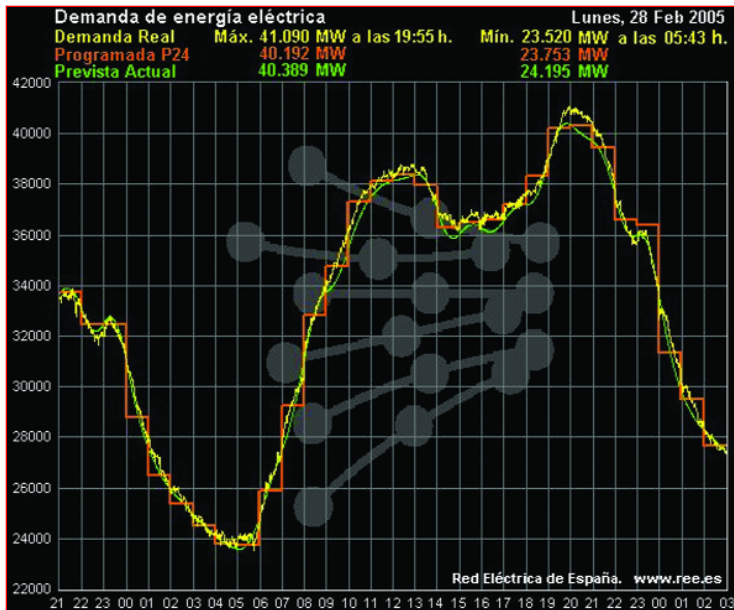


Figura 11. Curva de demanda del lunes, 28 de febrero de 2005. Fuente REE

- Dada la situación de emergencia, REE hizo uso de los clientes industriales con interrumpibilidad para disminuir el pico de demanda unos 2000 MW. En la gráfica se aprecia en verde la demanda prevista, y en amarillo la demanda real. Puede comprobarse como, gracias a los contratos de interrumpibilidad ejecutados, se aseguró una clara disminución del pico de demanda en el intervalo entre las 13:00 y las 22:00.

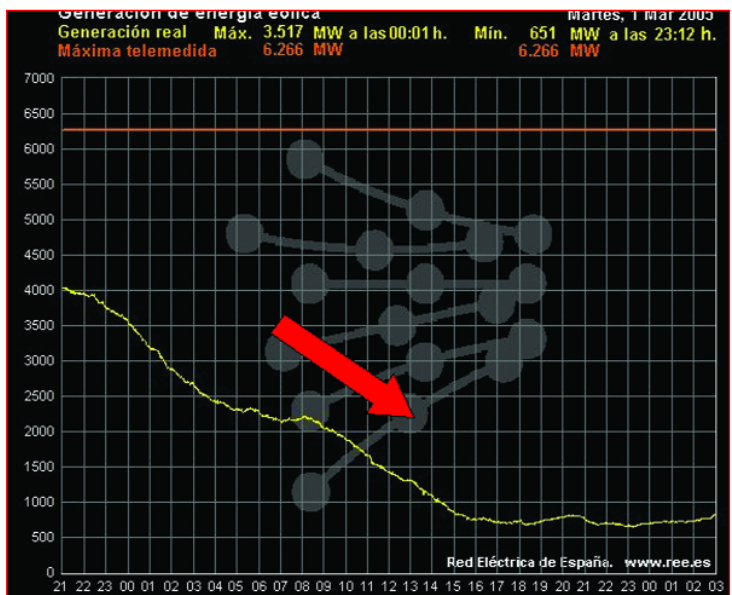


Figura 12. Curva de generación eólica del martes, 1 de marzo de 2005.  
 Fuente REE



Figura 13. Curva de demanda del martes, 1 de marzo de 2005. Fuente REE

## 3.2. Ejemplos Internacionales

### 3.2.1. Ejemplo Iniciativas Nivel 1 (Ahorro de Energía)

*Distribution Network Avoidance (Anglesey) - REINO UNIDO*

*Promotor: MANWEB*

Ésta es una iniciativa llevada a cabo en 1993 en la isla de Anglesey (Reino Unido). El programa consistió en un compendio de medidas orientadas a reducir el pico de la demanda eléctrica. Las medidas, ordenadas por sectores, fueron las siguientes:

#### Sector Residencial

- ▶ Regalo de 2 bombillas de bajo consumo por vivienda.
- ▶ Ofertas especiales de instalación de aislamiento en tejados, así como mejora de sellado y permeabilidad al aire exterior.
- ▶ Aislamiento gratuito de tanques de agua.
- ▶ Descuentos en electrodomésticos de alta eficiencia energética.

#### Sector Pymes

- ▶ Regalo de 2 bombillas de bajo consumo.
- ▶ Aislamiento gratuito de tanques de agua.
- ▶ Auditoria energética gratuita para la iluminación.



## Sector Grandes Empresas

- ▶ Auditoria Energética gratuita.
- ▶ Subvenciones para medidas de ahorro de energías.
- ▶ Subvenciones para corrección de factor de potencia eléctrica.

Convencer a los consumidores de los beneficios de la iniciativa fue una de las tareas más difíciles, y para ello se dedicó un local y una unidad móvil para el programa de marketing.

### *Enhanced Automation - USA*

*Promotores: California Energy Commission, Pacific Gas and Electric (PG&E), Southern California Edison (SCE) and San Diego Gas and Electric Companies (SDG&E).*

Este programa ofrece asistencia técnica gratuita para la identificación e implementación de sistemas de gestión energética automática de edificios (edificios inteligentes) en el sector no-residencial, pero no incluye estudios económicos de viabilidad.

Hay tres niveles de servicio, en función de las necesidades y la sofisticación de los sistemas preexistentes.

- ▶ Asistencia Telefónica: para clientes que tengan clara su estrategia, opciones, etc. (servicios de aprox. 1 hora de consultoría y asistencia y seguimiento vía email).
- ▶ Asistencia "in situ": la asistencia incluye una visita al inmueble y se ofrece a clientes que ya tienen algún tipo de sistemas de control instalado.

- ▶ Asistencia "in situ" e informe: este nivel de asistencia, diseñado para clientes con instalaciones complejas, consiste en dos visitas y un informe que resume las instalaciones existentes así como recomendaciones para el ahorro energético.

### 3.2.2. Ejemplo Iniciativas Nivel 2 (Incentivos de Precios)

#### *TOU - Italia*

*Promotor: ENEL*

ENEL, la compañía eléctrica más grande de Italia, está sustituyendo gratuitamente los contadores eléctricos convencionales de sus clientes por otros digitales y con capacidades avanzadas de telegestión y telecontrol. El coste del cambio es de unos 70 € por contador, y para finales de 2006 está previsto finalizar la instalación de 29 millones de nuevos contadores.

Cada cliente podrá gestionar todos los aspectos de su contrato y conocer su consumo en tiempo real. Estos equipos permiten el lanzamiento de nuevos servicios, así como la oferta de multitud de nuevas tarifas con precios variables según la hora o día, etc.

#### *Critical Peak Pricing (CPP) - USA*

*Promotor: Southern California Edison (SCE).*

Los participantes reciben un incentivo económico si reducen su consumo eléctrico durante los periodos de Tarificación de Punta Crítica (CPP- *Critical Peak Pricing*)

Este programa está abierto a clientes con potencias contratadas mayores de 200 kW siendo el funcionamiento del programa el siguiente: los clientes normalmente consumen la electricidad a un

precio fijo con discriminación horaria, pero se comprometen a estar expuestos a una tarifa mucho más alta durante un máximo de 12 días al año. La existencia de un día crítico se comunica con un día de antelación por teléfono o internet. El cliente debe tener instalado un contador, patrocinado por SCE, que registre el consumo en intervalos de 15 minutos.

El cliente recibe la electricidad a un precio ligeramente menor durante el resto del año y un incentivo mensual de aproximadamente 20 \$ durante el primer año.

Durante los días críticos los precios son los siguientes:

- ▶ De 12:00 a 15:00: coste de la energía 3 veces mayor que el habitual.
- ▶ De 15:00 a 18:00: coste de la energía 8 veces mayor que el habitual.

En el periodo de pico de un día crítico, aproximadamente 35 horas al año, el precio de la energía supera el dólar por kWh.

### **3.2.3. Ejemplo Iniciativas Nivel 3 (Reducción temporal de cargas)**

#### *Real Time Price Response - USA*

*Promotor: ISO New England.*

Se trata de un programa voluntario donde los participantes son notificados cuando el precio del Mercado se prevé que se sitúe por encima de un determinado valor durante cierto número de horas (Evento de Respuesta a Precios - *Price Response Event Day*). Concretamente, ISO New England activa el evento con precios por encima de 0,10 \$/kWh.

Se retribuye a los participantes en función de la reducción de su consumo durante las horas notificadas como *Price Response Event Day*. La participación está limitada a clientes con posibilidad de reducir al menos 100 kW. Un participante puede agregar a varios clientes a fin de alcanzar la reducción mínima.

Programas similares están siendo desarrollados por:

- ▶ Pacific Gas & Electric Company (*Voluntary Reduction Incentive Program*).
- ▶ PJM Interconnection (*Economic Load Response Program*).

### **3.2.4. Ejemplo Iniciativas Nivel 4 (Control Directo de Cargas)**

#### **DINAMARCA**

*Promotor: Varios agentes.*

El proyecto piloto de Gestión Activa de la Demanda, se inició en 2003 en 25 viviendas con control directo de sus radiadores eléctricos. Para ello, se instalaron contadores eléctricos interactivos con telegestión, así como atención al cliente a través de Internet.

El sistema de control se activa, apagando los radiadores, cuando los precios en el mercado mayorista de electricidad exceden ciertos límites prefijados en el contrato.

El sistema actual resulta en cortes de aproximadamente 10 horas anuales, pero se están estudiando iniciativas con límites de precio menores, 3 horas de duración máxima de la interrupción, y con apagados automáticos de radiadores de hasta 100 horas anuales. Los costes por cliente en equipamiento son de 31 €/kW/año y la bonificación media anual es de 80 €.

Actualmente, compañías danesas invierten 20 millones de Euros anuales en varios programas de ahorro y gestión de la demanda. Estos programas se financian a través de una prima específica por kWh.

### 3.2.5. Ejemplo Iniciativas Nivel 5 (Mercado Negawatios)

#### *Mercado Day Ahead - USA*

*Promotor: ISO New England.*

Los participantes, que tienen que haberse inscrito en el programa, pueden enviar una oferta para reducir su consumo del día siguiente. La oferta consiste básicamente en:

- ▶ Precio (\$/MWh).
- ▶ Cantidad a reducir.
- ▶ Duración mínima de la reducción (min. 4 horas).

Estas ofertas en Negawatios hora<sup>2</sup>, compiten en igualdad de condiciones con las ofertas de Megawatios hora reales en el Mercado Day-Ahead<sup>3</sup> de generación. En los casos en que la oferta en Negawatios es más competitiva, se planifica la reducción de carga en lugar de generación.

## 4. BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE DEMANDA ELÉCTRICA

A lo largo de los primeros capítulos de esta guía se han mostrado indirectamente algunos de los beneficios que puede aportar la Gestión de la Demanda Eléctrica.

---

<sup>2</sup> Un Negawatío es un concepto intuitivo para el ahorro, o "no consumo", de un MW de potencia. En este caso se utiliza ilustrar el "no consumo" como alternativa a la generación.

<sup>3</sup> El Mercado Day-Ahead es un mercado financiero donde se negocia el precio de la electricidad para el día siguiente. En este Mercado la transacción se realiza a un precio acordado reduciendo la volatilidad del Mercado Eléctrico en Tiempo Real.

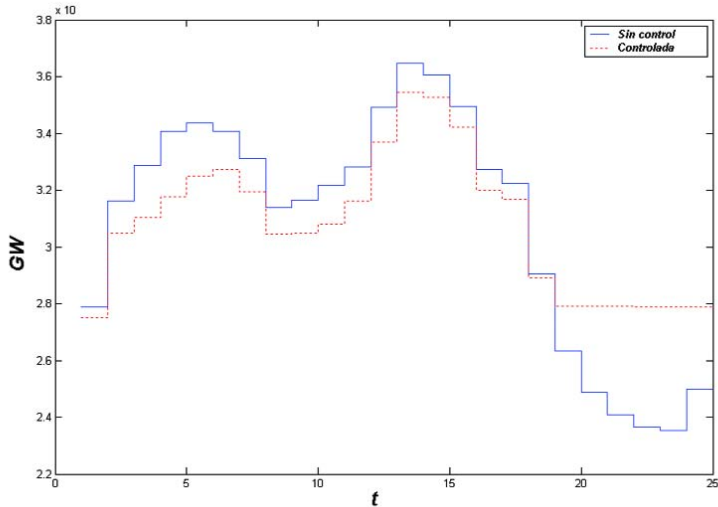


Figura 14. Curva de demanda eléctrica agregada en España con y sin control activo.

En este capítulo, se propone un análisis más detallado basándose en una clasificación en las siguientes categorías: beneficios directos para los participantes en los programas y beneficios indirectos.

Posteriormente se realizará un resumen del valor que aportan los programas de GDE a cada agente implicado en la cadena de valor del sistema eléctrico.

#### 4.1. Beneficios Directos de los Participantes

Como participantes en los programas de GDE, se consideran los consumidores que modifican sus hábitos de consumo eléctrico como respuesta al precio de la electricidad o a incentivos de programas de GDE. La motivación debe ser principalmente económica. Además, estos consumidores también pueden estar motivados por el beneficio implícito de mejorar la fiabilidad del sistema.

- ▶ Los beneficios monetarios incluyen el ahorro de costes en las tarifas eléctricas de los consumidores debido al menor uso de la energía cuando los precios son altos, o por la utilización de la electricidad en horas de menor precio. Además, otro ingreso posible es el pago que los clientes reciben de los promotores por participar en un programa de GDE.
- ▶ Los beneficios por la fiabilidad están relacionados con la disminución del riesgo de sufrir cortes en el suministro ("apagones"). Esto puede analizarse desde el punto de vista individual de cada consumidor eléctrico, o desde el punto de vista social.

Ambos beneficios son difíciles de cuantificar pero pueden ser importantes motivaciones para algunos consumidores de electricidad. El nivel de beneficios directos recibidos por los clientes participantes depende de su capacidad de modificar sus hábitos de consumo o de reducir éste, así como de los incentivos para su participación.

#### **4.2. Beneficios Indirectos**

La Gestión de la Demanda trae consigo beneficios colaterales, relacionados con impactos en los costes del sistema y de la fiabilidad de éste, que son percibidos por la mayoría de los consumidores a pesar de que no participen directamente en iniciativas de GDE.

Son estos beneficios colaterales, los que tienen influencia a nivel de todo el sistema, los que motivan a que los encargados de hacer las normas y la regulación se puedan interesar por la Gestión de la Demanda.

Este tipo de beneficios puede clasificarse en tres diferentes categorías relacionadas con el mercado eléctrico y la fiabilidad:

1. Impactos a corto plazo en el mercado eléctrico: se corresponden con las fuentes de beneficios de GDE más inmediatas y fácilmente cuantificables. Hablando en general, son ahorros en el coste del transporte y distribución de la energía eléctrica debidos al uso más eficiente del sistema existente.

El uso más eficiente de los recursos traslada, en un corto plazo, ahorros a los consumidores en su factura eléctrica, debido a que se necesita producir menos energía para suministrar el mismo servicio. De esta manera, se consigue establecer una mayor relación entre las tarifas eléctricas y los costes marginales de suministro. Cuando los clientes son suministrados por empresas integradas verticalmente, los beneficios a corto plazo se limitan a los costes variables de suministro evitados por la mayor eficiencia del sistema. En países con mercados eléctricos liberalizados, como es el caso de España, además de esto, la GDE hace que los precios del mercado diario se reduzcan por medio de:

- ▶ Incremento de la eficiencia del mercado, que está basada en una mejora de la utilización de los recursos, disminución del poder que pueden tener los agentes más importantes del mercado y una expresión de las preferencias de los consumidores. Por ejemplo, una falta de Gestión de la Demanda podría dar a los productores de electricidad la capacidad de imponer precios sobre el nivel competitivo, por medio de retener potencia durante contingencias en la red.
- ▶ Reducción de la volatilidad de los precios de mercado, lo que implica una reducción del riesgo de gestión, del valor



de los seguros, etc. Esto debería suponer una reducción en el precio de la electricidad para los consumidores finales.

- ▶ El nivel de ahorro resultante de una disminución de los precios en el mercado mayorista de electricidad, depende de la cantidad de energía negociada en éste.

2. Impactos a largo plazo en el sistema eléctrico: estos impactos dependen de la capacidad de la GDE de reducir la demanda del sistema y, de esa manera, diferir la necesidad de construir más infraestructura de generación, transporte y/o distribución. Debido a que las inversiones en el sector eléctrico son extremadamente elevadas, cualquier intervención que se pueda evitar significará una importante fuente de ahorros. Los efectos de la GDE tienen impacto en todo el sistema en conjunto, pero también existe la posibilidad de que reporte importantes ventajas al ser aplicada localmente en aquellas zonas más críticas y congestionadas de la red (a nivel provincial, municipal o incluso de barrio).

3. Beneficios por fiabilidad: hacen referencia a reducir la probabilidad y la gravedad de los cortes eléctricos cuando las reservas del sistema se sitúan por debajo de los niveles deseados. Reduciendo la demanda eléctrica en situaciones críticas (por ejemplo, cuando un generador o una línea de transporte fallan inesperadamente), la GDE que gestiona el operador del sistema a corto plazo, puede ayudar a recuperar parte de las reservas del sistema eléctrico a los niveles anteriores al evento, es decir, la Gestión de la Demanda puede actuar como una capacidad o potencia de reserva. De hecho, la demanda se puede desconectar mucho más rápido que lo que requiere aumentar la generación.



Figura 15. Torres de líneas de alta tensión en una zona residencial.

Los beneficios asociados a la fiabilidad pueden ser evaluados, tanto respecto a la cantidad de demanda a la que las medidas de GDE eliminan el riesgo de ser desconectada, como respecto al valor que los consumidores atribuyen a un servicio fiable (el "valor de la carga perdida").

Otra manera de evaluar la seguridad de suministro es a través de los niveles de compensación que piden los clientes por aceptar interrupciones y/o desconexiones controladas del suministro eléctrico.

### **4.3. Ventajas para los Agentes Implicados**

La Gestión de la Demanda Eléctrica, tal y como se ha definido en los apartados anteriores, puede reportar beneficios a prácticamente todos los agentes del sector eléctrico y la sociedad en general:

- ▶ Reguladores, ya que mejorará la seguridad del sistema eléctrico, aumentará la competencia en el mercado de generación (ver ejemplo en capítulo 3.2.5) y aumentará la eficiencia energética del sistema.
- ▶ Operadores del mercado, debido a los efectos en los precios de mercado (con un beneficio claro para el consumidor) y la disminución de la influencia de los grandes actores del mercado.
- ▶ Operadores del sistema eléctrico, debido a que puede ayudar a equilibrar el sistema (producción y demanda), a gestionar las perturbaciones en la generación y en la transmisión, así como a hacer un mejor uso de las capacidades de generación y transporte de electricidad. Además, puede tener la capacidad de prevenir apagones y colaborar en la restauración del sistema después de los mismos.
- ▶ Operador del sistema de distribución, que en su actual tendencia a aumentar la automatización y control de su sistema, necesita de servicios de valor añadido para contribuir a rentabilizar dichas inversiones. La GDE permitirá liberar congestiones en los momentos de picos de consumo y utilizar de manera más eficiente la capacidad de su red. La GDE permitirá una más rápida modernización de la red de distribución, lo que facilitará una mayor penetración de generación distribuida, e incrementará la calidad y seguridad del suministro.
- ▶ Comercializadores/distribuidores a tarifa, por su mayor facilidad de gestión de riesgos y, también, por existir nuevos posibles negocios como, por ejemplo, el cubierto con la figura del agregador de Gestión de la Demanda, cuya labor sería la de sumar las capacidades de gestión de varios consumidores y gestionar todas conjuntamente.

- ▶ Consumidores, quienes recibirán un beneficio económico por su participación. Además, gozarán de un sistema con una mayor fiabilidad y calidad de suministro, y una mayor oferta disponible de servicios en un mercado más competitivo.
- ▶ Sociedad, que aumentará la seguridad de suministro que necesita la economía, disminuirá las tensiones internas derivadas de la necesidad de incorporar en nuevas infraestructuras en zonas sensibles, y reducirá la necesidad de plantas de generación específicas para puntas, repercutiendo en claras ventajas medioambientales.

## **5. BARRERAS PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA**

Como ya se ha visto en capítulos anteriores, existen experiencias de aplicación de iniciativas y programas de gestión de la demanda en varios países. En aquellos en los que su desarrollo está más avanzado, estas experiencias están promovidas por las compañías eléctricas que necesitan mejorar la fiabilidad de su sistema o retardar en el tiempo inversiones en activos. En otros casos, las iniciativas son programas piloto que pueden estar apoyados bien por compañías eléctricas, por entes de energía o incluso por administraciones nacionales o supranacionales, como es el caso de la Comisión Europea.

De todas estas experiencias, se han podido extraer algunos factores que, por el momento, dificultan una mayor aplicación de la Gestión de la Demanda. A continuación se comentarán algunas de las principales barreras, cuya eliminación aumentará, sin duda, el nivel de participación de los consumidores de electricidad en la mejora de la eficiencia del sistema eléctrico.

## Flexibilidad de la demanda

Es obvio que para que pueda modificarse la demanda, ésta deberá tener cierta flexibilidad. En este sentido, la primera barrera son los propios consumidores, quienes deberán conseguir cambiar sus hábitos de consumo y pasar, de comportarse pasivamente frente al consumo eléctrico, a ser conscientes de los efectos que su forma de actuar puede tener más allá del hogar o del lugar de trabajo.

De este modo, la posibilidad de implementar medidas de gestión de la demanda puede verse frenada por ciertos factores, algunos más ligados a las inclinaciones personales hacia, por ejemplo, "no complicarse", el "lujo", etc., y otros más ligados a situaciones estructurales, como "instalaciones compradas o alquiladas", "personas de contacto y proceso de toma de decisiones", "financiación para este tipo de iniciativas", etc.

## Falta de información

El desconocimiento sobre algunos de los temas relacionados con la Gestión de la Demanda provoca sensación de riesgo en los consumidores. Algunos de los aspectos sobre los que existen más dudas son los siguientes:

- ▶ Fundamentos y rendimientos de tecnologías y procesos.
- ▶ Beneficio cuantitativo y cualitativo de cada uno de los agentes afectados (consumidores, administraciones públicas, operador del sistema, distribuidores, agregadores, etc.).
- ▶ Programas o mercados existentes para la gestión de la demanda.

- ▶ Costes asociados a la implantación de estos sistemas (desembolsos iniciales, tasas de retorno de inversiones), etc.
- ▶ Ejemplos de implementación de programas de Gestión de la Demanda.

En algunos de los casos que se han estudiado, los consumidores confirman que no tienen un fácil acceso a una información real y objetiva respecto a estos temas.

Por otro lado, distribuidoras y comercializadoras también necesitan información fiable respecto a niveles de aceptación de este tipo de iniciativas por parte de los consumidores.

## Rentabilidad

En algunos casos, las experiencias han mostrado una baja rentabilidad a sus promotores debido a los costes asociados a la infraestructura necesaria para soportar estos programas de Gestión de la Demanda, principalmente, en lo referente a contadores electrónicos y comunicaciones bi-direccionales. Se espera que las mejoras tecnológicas logren disminuir los costes asociados y aumentar, de esta manera, la rentabilidad.

Por otro lado, los programas pilotos pueden tener también altos costes asociados que los promotores deberán tener en cuenta:

- ▶ Altos costes de administración debido al necesario contacto continuo con clientes sin experiencia y a la necesidad de recoger y analizar información de los programas.

- ▶ Necesidad de publicidad.
- ▶ Investigación de opciones posibles.
- ▶ Pagos en forma de incentivos a los clientes.

### Madurez tecnológica

En algunas de las iniciativas ya implementadas se han identificado barreras tecnológicas debido a:

- ▶ Alto coste de los equipos. Es un problema de falta de estandarización y economías de escala por su poca implantación.
- ▶ Falta de integración de los equipos con otras tecnologías de la información y de las comunicaciones.
- ▶ Vendedores de equipos sin experiencia en suministros a gran escala.
- ▶ Inexperiencia de compañías eléctricas en temas de gestión de la demanda.

### Estructura del precio de la electricidad

Hasta ahora, la mayoría de los consumidores pagan la tarifa eléctrica regulada y no acuden al mercado para comprar la energía que necesitan. Los precios actuales de la electricidad se caracterizan por:

- ▶ Ser relativamente bajos en relación a los ingresos de los hogares. Es decir, en el sector residencial, el gasto de la electricidad no supone una carga excesiva frente a otros gastos.

- ▶ La tarifa es fija a todas horas y en todos los lugares y, por lo tanto, no refleja los costes reales de producción, transporte y suministro de electricidad.

Estas características no incentivan a que los consumidores finales de electricidad cambien sus hábitos de consumo para responder a la situación del sistema eléctrico. Sin embargo, la ineficiencia del sistema eléctrico cuesta dinero a los consumidores, ya que la tarifa eléctrica también cubre el coste que tienen los distribuidores por gestionar el riesgo de las variaciones del precio de la energía en el mercado. Estas variaciones, como ya se ha comentado, están provocadas principalmente por los diferentes niveles de demanda eléctrica que existen en los diferentes momentos del día. La Gestión de la Demanda podría ayudar, sin duda, a disminuir esas diferencias existentes entre momentos de pico y momentos de valle en el consumo.

### Requisitos restrictivos

En algunos casos, los requisitos que se exigen para participar en programas de Gestión de la Demanda son restrictivos para ciertos consumidores, especialmente para los más pequeños. Se pueden exigir las siguientes condiciones: potencias mínimas contratadas, cierto tipo de cargas disponibles, etc.

### Ausencia de oferta de servicios

A pesar de que algunos consumidores pudiesen estar interesados en participar en este tipo de iniciativas, es aún difícil encontrar ofertas de servicios de gestión de la demanda, principalmente, para consumidores domésticos y pequeños comercios.



## **6. RECOMENDACIONES PARA FAVORECER LA IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE LA DEMANDA**

De la misma manera que se han identificado barreras a partir de los casos prácticos existentes, también se pueden establecer algunas recomendaciones dirigidas a eliminar aquellas basándonos, principalmente, en la experiencia acumulada hasta este momento.

### **Mejora de los incentivos para flexibilizar la demanda**

Los consumidores deben percibir que la recompensa que reciben por participar en un programa de gestión de la demanda compensa la molestia que supone modificar sus hábitos de consumo.

Normalmente, los incentivos más fuertes son los económicos, es decir, que participar activamente en gestionar el consumo propio suponga alguna recompensa monetaria. Sin embargo, también existen otro tipo de motivaciones. Por ejemplo, en lugares con interrupciones frecuentes de suministro, los consumidores pueden ser más receptivos si perciben que las medidas de Gestión de la Demanda mejoran la fiabilidad del sistema eléctrico. En otros casos, se ha demostrado que el mayor incentivo es un alto precio de la tarifa eléctrica.

### **Aumentar la concienciación de los consumidores**

La educación y la información pueden cambiar, en cierta manera, los comportamientos o preferencias de los consumidores. Para ello, se deben promover campañas de concienciación desde diferentes puntos de vista:

- ▶ Dando a conocer tanto informaciones generales como ejemplos de experiencias exitosas en otros lugares.
- ▶ Ofreciendo auditorías energéticas.
- ▶ Poniendo a disposición de la gente bases de datos de información.

Algunos de los medios que se pueden utilizar para llegar a un gran número de personas son los siguientes:

- ▶ Publicidad en medios de comunicación.
- ▶ Programas educacionales.
- ▶ Creación de registros de promotores de servicios relacionados con la Gestión de la Demanda.

### Mejoras tecnológicas y acceso a la tecnología

En lo referente a la tecnología son deseables avances en varios campos. A continuación se citan ciertas recomendaciones:

- ▶ Estandarización y desarrollo de economías de escala para reducir costes.
- ▶ Mejora en toda la cadena de medida del consumo de electricidad, de forma que se asegure que la calidad de los valores medidos es aceptable para cumplir con los requisitos del sistema eléctrico.
- ▶ Llevar a cabo experiencias con la gestión de cargas.

- ▶ Fomentar que las compañías eléctricas compartan información y experiencias.
- ▶ Desarrollo de soluciones domóticas que doten a los consumidores de sistemas de gestión automática de su consumo energético.
- ▶ Trabajos de creación de normas que ayuden a la estandarización de equipos, procesos y a su certificación.
- ▶ Soluciones basadas en internet: las soluciones basadas en páginas web proporcionan muchas posibilidades para la información y comunicación a los consumidores.

Para que el mayor número posible de consumidores puedan tomar parte en programas de Gestión de la Demanda, la tecnología necesaria debería ser accesible a todos ellos: contadores electrónicos o inteligentes, comunicaciones, sistemas de control, etc.; la tecnología que se utilice dependerá del tipo de iniciativa en el que se desee participar. Cuanto mayor número de tecnologías diferentes pueda soportar el sistema de Gestión, más gente podrá acceder al mismo.

### Disponibilidad de servicios de Gestión de la Demanda

Debería existir una amplia oferta de servicios para la Gestión de la Demanda de manera que todos los consumidores puedan optar, si no a todas, a alguna de las iniciativas.

### Tarifas dinámicas

Las tarifas de consumo eléctrico deberían reflejar, en la medida de lo posible, el coste marginal de la electricidad, que en el mercado eléc-

trico tiene un valor diferente cada hora. Esto se consigue con la aplicación de tarifas en tiempo real o, en menor medida, con tarifas para diferentes periodos del día, del mes o del año.

### Agregación de pequeños consumidores

La agregación de pequeños consumidores permitiría, por un lado, su participación en programas o mercados en los que no podrían intervenir de otra manera y, por otro, que su influencia en el sistema eléctrico fuese mayor. Especialmente los mercados, tanto los eléctricos como los de gestión de demanda, imponen un mínimo de potencia de generación o de carga para poder participar en ellos.

### Apoyo público y privado

Tanto los aspectos regulatorios como los incentivos pueden ayudar (o frenar) en gran medida este tipo de actividades.

Los incentivos por parte de organizaciones públicas o/y compañías privadas pueden ayudar a hacer positiva la rentabilidad de los programas de Gestión de la Demanda. En el caso de las organizaciones públicas, estos incentivos deberán tener una contraprestación socio-económica beneficiosa para la sociedad en general, que deberá ser evaluada.

La colaboración entre diferentes agentes, públicos y privados, puede ser muy importante para el desarrollo de la Gestión de la Demanda.

### Acceso a la información

El fácil acceso a información, que sea comprensible, puede ayudar a tomar decisiones con base, tanto a los consumidores eléctricos como

a los promotores de servicios relacionados con la Gestión de la Demanda. Esto puede conseguir reducir los costes de transacción y el riesgo asociado, en ocasiones, a la Gestión de la Demanda.

## **7. CONCLUSIONES**

Actualmente, se está viviendo un importante momento de transición del sistema eléctrico. Los tradicionales sistemas centralizados (grandes y localizadas centrales de generación) y pasivos (redes poco automatizadas, especialmente las de distribución) dejan paso a un sistema cada vez más distribuido ("pequeños" generadores junto a los consumidores) y redes cada vez más activas (redes que se valen de las comunicaciones y las nuevas tecnologías para gestionarse de manera más "inteligente").

Por otro lado, el mundo está inmerso en el reto de evolucionar hacia un escenario global más sostenible, en el que la gestión y utilización de la energía deberá jugar un papel crucial.

En este contexto, de importantes cambios y toma de decisiones, la Gestión de la Demanda Eléctrica, puede valerse de los nuevos desarrollos para contribuir de manera eficaz a una gestión y una utilización más eficiente de los recursos energéticos.

Como se ha mostrado en la presente guía, existen múltiples barreras que, en la actualidad, dificultan una mayor difusión de este tipo de iniciativas. Sin embargo, también existen ejemplos que demuestran la utilidad de los programas de Gestión de la Demanda Eléctrica para afrontar problemas de congestión en el sistema.

La utilización de este tipo de medidas en España, es aún limitada en comparación a la de los países más avanzados en este campo. Sin

embargo, esto no significa que su aplicabilidad sea menor o su impacto menos importante.

La Gestión de la Demanda Eléctrica es, sin duda, parte del camino que el sistema eléctrico tiene que recorrer hacia una mayor flexibilidad y sostenibilidad para cumplir con los retos existentes en la actualidad, tanto a nivel técnico como a nivel social.

## ANEXO I: Esquema Actual de Tarifas Eléctricas

El esquema tarifario eléctrico en España discrimina dos grandes grupos:

1. Clientes a Mercado: los grandes consumidores o bien acuden al Mercado Mayorista Eléctrico (menos de 10 casos en todo el Estado en 2005), o bien tienen acuerdos bilaterales con comercializadoras. Los clientes que compran en el Mercado tienen incentivos para consumir menos cuando se alcanzan picos en la demanda, que también son picos en el precio de Mercado.
2. Clientes a Tarifa: estos consumidores no están expuestos a los precios de mercado. Según la tarifa, puede existir discriminación en precios según el horario de consumo.

En términos generales, los grandes consumidores industriales tienen acuerdos bilaterales con las empresas comercializadoras, y el resto compra la electricidad a tarifa.

Las tarifas, reguladas actualmente por el Real Decreto 809/2006, de 30 de junio - BOE 01/07/2006, son, básicamente, las siguientes:

Tarifa	Condiciones de aplicación	Término de potencia €/kW mes	Término de energía €/kWh
<b>Baja Tensión</b>			
1.0	Potencia hasta 770 W	0,277110	0,062287
2.0	General, potencia no superior a 15 kW	1,538801	0,087420
2.0N	Tarifa nocturna	1,538801	0,089807 día 0,040725 noche
3.0	General	1,506300	0,088179
4.0	General de larga utilización	2,406082	0,080581
B.0	Alumbrado público (hasta enero 2007)	0,000000	0,081255
R.0	Riegos agrícolas (hasta enero 2007)	0,371897	0,086307
<b>Alta Tensión</b>			
<b>Tarifas generales. Corta utilización:</b>			
1.1	General no superior a 36 kV	2,205746	0,073853
1.2	General mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	2,085945	0,069344
1.3	General mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	2,015474	0,067300
1.4	Mayor de 145 kV	1,959098	0,065044
<b>Tarifas generales. Media utilización:</b>			
2.1	General no superior a 36 kV	4,538341	0,067370
2.2	General mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	4,291692	0,063072
2.3	General mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	4,150749	0,061239
2.4	Mayor de 145 kV	4,045042	0,059267
<b>Tarifas generales. Larga utilización</b>			
3.1	General no superior a 36 kV	12,050562	0,054264
3.2	General mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	11,268333	0,051091
3.3	General mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	10,923024	0,049120
3.4	Mayor de 145 kV	10,591809	0,047780
<b>Tarifas T de Tracción</b>			
T.1	No superior a 36 kV	0,690814	0,077258
T.2	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	0,634421	0,072676
T.3	Mayor de 72,5 kV	0,620325	0,070421
<b>Tarifas R de Riegos agrícolas</b>			
R.1	No superior a 36 kV	0,563931	0,077329
R.2	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	0,535731	0,072818
R.3	Mayor de 72,5 kV	0,507538	0,070351
<b>Tarifa G.4 de grandes consumidores</b>			
G.4	Grandes consumidores	11,370238	0,012547
<b>Tarifa venta a distribuidores</b>			
D.1	General no superior a 36 kV	2,406729	0,050903
D.2	General mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	2,271838	0,048560
D.3	General mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	2,215041	0,046856
D.4	Mayor de 145 kV	2,144047	0,045578

Tabla 2. Tarifas eléctricas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Active Control of Distribution Networks" Tesis Doctoral de Iñigo Cobelo - The University of Manchester, 2005.
- [2] "Gestión de la demanda: Optimización y evaluación de su impacto" por I.Cobelo, J. Anduaga e I. Laresgoiti (LABEIN) en la revista "Automática e Instrumentación", Especial Energía, Edición de diciembre de 2006.
- [3] Página web de IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: [www.idae.es](http://www.idae.es).
- [4] Ponencia "Garantía de suministro. Perspectivas del Sistema Eléctrico Español" por REE en Foro Nuclear XXIII. Jornadas Nucleares sobre Energía y Educación. 8 de Septiembre de 2006.
- [5] "El sistema eléctrico Español 2005". Fuente REE.
- [6] Proyecto INDEL. Atlas de la Demanda Eléctrica Española. Fuente REE.
- [7] "Informe marco sobre la demanda de energía eléctrica y gas natural, y su cobertura año 2003" Fuente CNE.
- [8] Planificación de los sectores de electricidad y gas 2002-2011. Fuente Ministerio de Industria Comercio y Turismo.
- [9] <http://www.doncaster.gov.uk/Images>.
- [10] Archivo fotográfico de Elena Turienzo.



Fundación de la  
Energía de  
la Comunidad  
de Madrid

[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)

**Energy Management Agency**

**Intelligent Energy**



**Europe**