

## ¿CÓMO TRANSFORMAR INFORMACIÓN EN AHORRO PARA EL CONSUMIDOR DOMÉSTICO? EL CASO DEL CONTADOR ELÉCTRICO INTELIGENTE EN ESPAÑA

Angel Arcos-Vargas, Jose M<sup>a</sup> Luna-Romera, Jorge García-Gutiérrez, José Carlos Riquelme-Santos

Universidad de Sevilla (España).

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/ES8611>

### *HOW TO TRANSFORM INFORMATION IN SAVINGS FOR THE RESIDENTIAL CONSUMER? THE CASE OF THE ELECTRICAL SMART METER IN SPAIN*

#### ABSTRACT

The residential customer was the big forgotten one of the electrical system. Despite its weight in total consumption, until recently its capacity to intervene in the market was extremely limited. The emergence of new technologies has allowed, on the one hand, to obtain individual hourly consumption data and, on the other hand, to analyze them in an aggregate form. In this paper, the aggregate electrical consumption of 1115 residential customers in three large Spanish cities have been analyzed. The objective was to try to characterize their demand curves and ask if it would be possible to save costs without changing consumption patterns. The results shown confirm this hypothesis, being tremendously profitable for consumers the treatment of the massive data to which they have had access thanks to the new technologies.

**Keywords:** Big data; Masive data processing; Electric tariff; Saving; Cost-Benefit Analysis; New technologies; Smart meters

#### RESUMEN

El cliente doméstico era el gran olvidado del sistema eléctrico. A pesar de su peso en el consumo total, hasta hace pocos años su poder de intervenir en el mercado era extremadamente limitado. La aparición de las nuevas tecnologías permiten, por un lado obtener datos de consumo horarios individuales y, por otro lado, analizarlos de manera agregada. En este trabajo, se han analizado los consumos agregados de 1115 clientes domésticos de tres grandes ciudades españolas. El objetivo es intentar caracterizar sus curvas de demanda y preguntarnos si sería posible un ahorro de costes sin necesidad de variar sus patrones de consumo. Los resultados mostrados confirman esta hipótesis, siendo tremendamente rentable para los consumidores el tratamiento de los datos masivos a los que se han tenido acceso gracias a las nuevas tecnologías.

**Palabras clave:** Big data; Tratamiento masivo de datos; Tarifa eléctrica; Ahorro; Análisis Coste-Beneficio; Nuevas tecnologías; Smart meters

## 1. INTRODUCCION

El conocido popularmente como “recibo de la luz”, es una de las principales preocupaciones de los ciudadanos y uno de los temas comunes de discusión en los medios de comunicación, al ser algo complejo de entender y de alta volatilidad. Hasta hace poco tiempo, los consumidores domésticos tenían poco margen de maniobra para modificar el importe de su recibo. Sin embargo, desde hace algunos años la aparición de las tecnologías asociadas al Big Data [1] y las SmartCities [2] ha modificado las reglas de juego y han dado poder real al consumidor residencial. Este dispone de información sobre su consumo por hora y día y ese conocimiento lo puede usar para mejorar el coste de su factura de la luz escogiendo mejor tarifa o una potencia adecuada.

La importancia de este sector no es despreciable, ya que el consumo de energía eléctrica del sector doméstico o residencial se sitúa entre el 30 y el 40% del total de energía consumida [3]. Por otra parte, la demanda residencial contribuye significativamente a los picos estacionales o diarios de la demanda global [4]. La demanda irregular de electricidad es uno de los principales problemas del sector ya que las compañías eléctricas deben tener sobredimensionada su capacidad de generación y red para atender estas grandes cantidades de demanda durante sólo algunas horas al año. Normalmente se establece el umbral del 20% para la generación de electricidad latente que debe

atender el aproximadamente 5% del tiempo que se entiende como pico de demanda [5].

Algunos de los recursos para resolver este problema son independientes de los clientes tales como el desarrollo de nuevas formas de almacenamiento, pero otras necesitan de la implicación de los usuarios en una gestión adecuada de la demanda. Estas soluciones son estudiadas bajo el tópico de “demand response” (DR) [6]. En contraposición con las ideas convencionales de incrementar el suministro para igualar la demanda, las soluciones DR pretenden que la demanda coincida con la energía disponible. Para ello los proponentes de este tipo de medidas dan un papel activo en la gestión de la demanda a los clientes.

El objetivo es entonces cambiar los patrones de consumo de energía de los clientes domésticos en respuesta a cambios en la oferta de precios. Este proceso permite a las compañías eléctricas una mejor gestión de la demanda, mediante un mejor ajuste de las predicciones y reducir el coste de la energía para los clientes. Existen múltiples iniciativas [7] de posibles esquemas de precios incluso manteniendo el beneficio para las compañías suministradoras [8]. Una de las principales ventajas de la DR es proporcionar una opción sostenible, especialmente en un escenario como el de España, con generaciones más volátiles (variable en cortos espacios de tiempo) debido a la elevada presencia de generación renovable, normalmente no gestionable (eólica, hidráulica de fluyente,) [9]. El futuro de la DR implicará políticas de precios más dinámicas y necesitará un esfuerzo en el desarrollo de tecnologías que las habiliten, acabar con las reglas tradicionales que favorecen a las grandes compañías generadoras y una indispensable coordinación entre el mercado eléctrico y la operación en la red [10].

Para poder disponer de mecanismos de DR, las redes eléctricas deben evolucionar desde su papel tradicional de mero conductor de la electricidad a ser una infraestructura que permita el flujo de información entre los distintos participantes del sistema eléctrico. En [11] los autores abogan por una tecnología que permita la infraestructura necesaria para la participación de los clientes domésticos en los servicios de gestión de la demanda.

Uno de los mecanismos que está permitiendo esta transformación son los llamados contadores inteligentes. Actualmente, en gran parte de los países de la Europa Occidental, se están sustituyendo los antiguos contadores tradicionales (electromecánicos) por otros digitales. De esta manera, la cantidad de información anual disponible ha aumentado de 6 registros (uno de consumo cada dos meses) a 52.560 (seis registros cada hora), que son los que se toman realmente, aunque se tiene capacidad técnica para alcanzar 3.153.600 (seis registros cada minuto). Si multiplicamos estas cantidades por los casi 30 millones de suministros eléctricos que hay en España, se alcanza un volumen de información, que bien gestionado, puede transmitir numerosos beneficios a la sociedad.

Todos los estudios que hemos encontrado, se basan en el análisis del impacto del despliegue de estos contadores en los resultados de las empresas eléctricas [12], pero ninguno se hace desde la perspectiva del consumidor final. Por otra parte, para grandes consumidores sí hay mecanismos para negociar su propia tarifa o la potencia contratada. Por ejemplo, en [13] se plantea una heurística para optimizar la potencia a contratar en las tarifas de alta tensión españolas, a partir de usar una predicción basada en datos del pasado.

El desarrollo en España de la Directiva antes citada, afecta a todos los equipos de medida de los suministros de menos de 15 kW de potencia contratada, lo que comprende la práctica totalidad de los clientes domésticos [14]. A diferencia de otros países, el esquema de retribución de la distribución eléctrica en España, no incluye el coste del contador, pudiendo ser éste propiedad del cliente o alquilarlo a la distribuidora a un precio regulado. Como es razonable, el precio regulado del alquiler del contador telegestionado es superior al electromecánico, ya que, para proporcionar esa mayor cantidad de información, necesita de una mayor inversión y gastos de explotación, entre los que podemos destacar los de comunicaciones.

Desde el punto de vista del consumidor, el alquiler del contador le ha aumentado la factura 0,31€/mes<sup>1</sup> [14], a cambio de multiplicar en cuatro órdenes de magnitud la cantidad de información suministrada, pero, nos podemos preguntar ¿Para qué quiere el consumidor esa ingente cantidad de información? ¿Cómo puede transformar esta información en valor? ¿El valor que el consumidor obtiene es suficiente para pagar el aumento de los costes del alquiler? Con este artículo vamos a intentar dar respuesta a estas preguntas, mediante el análisis de curvas de cargas reales obtenidas de contadores inteligentes.

Para ello, a continuación, se explica la estructura de la tarifa eléctrica en España de forma simplificada, se presentan los datos y fuentes de información utilizados (Secciones 2 y 3), para a continuación exponer un análisis de los potenciales ahorros derivados de la elección de la discriminación horaria óptima y de la potencia contratada, presentando la metodología aplicada y los resultados obtenidos (Secciones 4 y 5 respectivamente). Para terminar, se construye un Análisis Coste-Beneficio, que, a diferencia de los encontrados en la literatura, lo hace desde la perspectiva del consumidor, en lugar del empresario o el sistema (Sección 6), dando respuesta a las preguntas expuestas en el párrafo anterior, así como un conjunto de conclusiones y recomendaciones para el ahorro del cliente (Sección 7).

## 2. LA TARIFA ELÉCTRICA

Un consumidor paga en su recibo una parte por el uso de la red y que viene dada por la tarifa de acceso (principalmente por la potencia contratada) y, por otra parte, por la energía consumida regulada o libre. Aunque el sector eléctrico en España se encuentra liberalizado y concurren numerosas comercializadoras que ofrecen productos combinados más o menos sofisticados, existe una tarifa regulada para usuarios de baja tensión con una potencia contratada menor de 10 kW, denominada PVPC [15], en el que se deja la posibilidad al usuario de poder adquirir la energía a los precios del mercado cada hora, añadiéndole los costes regulados del sistema. Esta tarifa (denominada 2.0A) es la elegida por la mayor parte de los usuarios y es la que se aplica en el estudio como referencia. Gracias a los contadores inteligentes los usuarios también pueden acceder a tarifas distintas de la PVPC en el término no regulado (sobre el consumo energético), pero ese análisis no es materia de este estudio.

De forma simplificada, el coste mensual que tendría que abonar un cliente a su distribuidora tiene cuatro componentes:

- Los precios horarios de la electricidad en los mercados mayoristas.
- La tarifa de acceso seleccionada: plana o con discriminación de dos o tres periodos.
- El alquiler de los equipos de medida.
- Impuestos y tasas (IVA e impuesto especial de la electricidad).

El usuario debe elegir la tarifa de acceso que le resulte más conveniente, permaneciendo el resto de los componentes constantes o proporcionales.

- Actualmente existen dos tipos de tarifas de discriminación horaria:
- Tarifa 2.0DHA: Se diferencian dos tipos de tramos horarios a lo largo del día.
- Tarifa 2.0DHS: Se diferencian tres tipos de tramos horarios a lo largo del día.

Estas tarifas de discriminación horaria son reguladas y se aplican a todos los clientes. El horario discriminado es distinto en función de la estación del año (invierno/verano) realizándose en el correspondiente cambio oficial de hora. Los periodos se muestran en la Figura 1.

### I. \_\_\_\_\_

<sup>1</sup> En las tarifas eléctricas vigentes, el alquiler del contador electromecánico es de 0,51 €/mes, mientras que el inteligente integrado en el sistema asciende a 0,82 €/mes. Aunque existe la posibilidad de adquirir en propiedad el equipo de medida, la práctica totalidad de los contadores existentes están en régimen de alquiler.

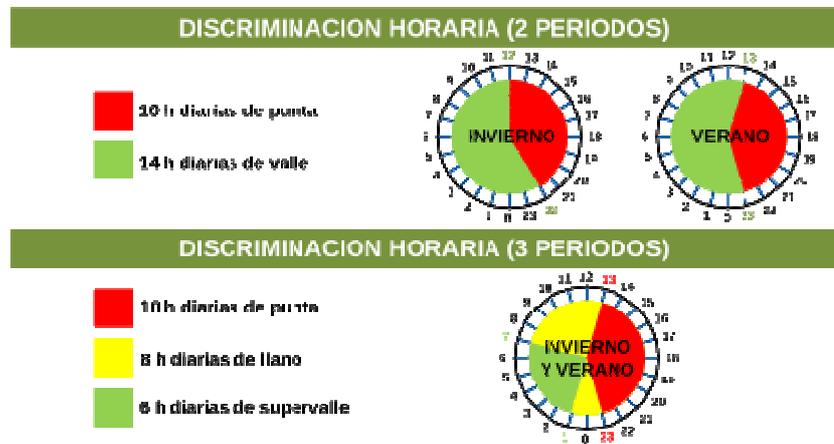


Figura 1. Tramos de discriminación horaria ([www.esedegal.com](http://www.esedegal.com)).

Las razones de establecer tarifas con discriminación horaria tienen múltiples puntos de vista con distintos beneficios para compañías eléctricas y consumidores. Como sabemos una de las cuestiones estratégicas de la electricidad es la dificultad de su almacenamiento. Una gran parte de los sistemas de producción eléctrica (principalmente nuclear y térmica) presentan unos mejores rendimientos bajo un régimen estable de producción. Sin embargo, el consumo sufre importantes diferencias en el ciclo día/noche. Por tanto, la situación ideal para las empresas eléctricas es un consumo similar y estable durante las 24 horas del día. Una forma de conseguir un aplanamiento de la demanda es “premiar” el consumo por la noche. Por otro lado, esta forma de gestionar la ley de oferta y demanda puede favorecer al consumidor, sobre todo a aquellos que sean lo suficientemente organizados y previsores como para cambiar sus hábitos de consumo eléctrico. Finalmente, no debemos despreciar el importante efecto medioambiental que un aplanamiento de la demanda conlleva, al favorecer el uso de la energía eólica, que suele tener picos de producción nocturnos justo cuando la demanda es menor.

### 3. DATOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Los datos base para este estudio se componen de una muestra de población basada en clientes de ámbito de consumo doméstico para los municipios de Barcelona, Málaga y Sevilla, por supuesto sin información alguna de carácter personal.

El conjunto de datos se compone de una muestra aleatoria de 1.115 usuarios del ámbito residencial con una tarifa sin discriminación horaria (Tarifa 2.0A). Los datos se generaron a partir de un muestreo de consumo de la energía demandada en periodos cuarto horario para cada uno de estos clientes durante un rango temporal de 8 meses. Las características de distribución geográfica y dimensión de la muestra se pueden observar en la Tabla 1. No es por tanto una muestra significativa de toda España, pero sí del consumo de los clientes domésticos de sus grandes ciudades.

Métrica	Valor	
Nº total de registros (capturas individuales cada 15 min.)	18.828.716	
Nº total de usuarios que componen el estudio	1.115	
Nº total de usuarios por Municipio	BARCELONA	642
	MÁLAGA	272
	SEVILLA	201

Tabla 1. Distribución de las dimensiones de la muestra de datos analizados.

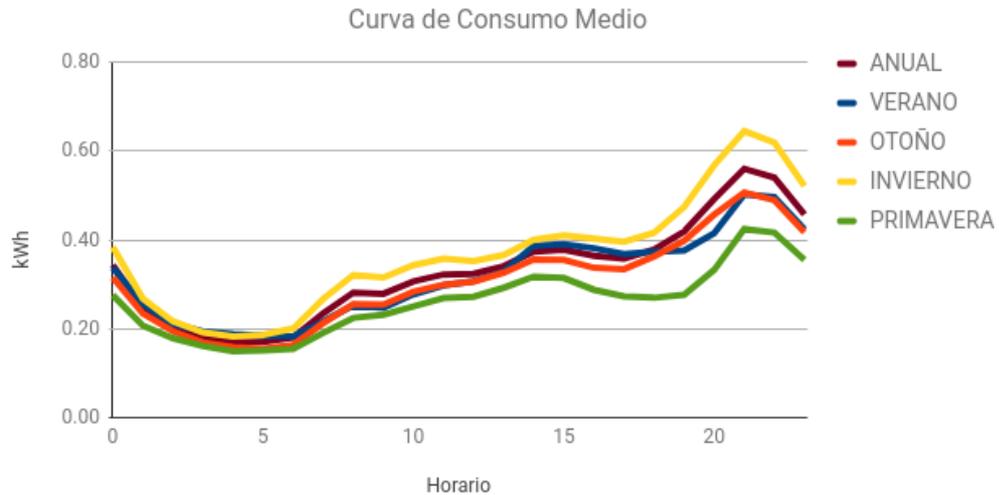


Figura 2. Curva característica de consumo de toda la muestra

En esta primera fase de análisis de los datos, se apreció que los datos individuales de consumo de cada cliente por estación y ciudad tenían una gran dispersión, dependiendo lógicamente de las circunstancias personales de los usuarios. Por ello, se ha decidido agregar la información para intentar visualizar patrones que diferencien las ciudades entre sí. Así para cada cliente se han sumado los consumos cuarto-horarios para que cada registro tenga 24 valores correspondientes al consumo agregado por hora. Posteriormente los registros fueron separados por ciudad y dentro de cada ciudad por estación. Eso nos proporciona un total de 16 conjuntos de registros cada uno de 24 valores. Los 16 conjuntos son:

- Cuatro correspondientes a todas las ciudades separados por estación.
- Doce correspondientes a la separación de tres ciudades y cuatro estaciones.

A cada uno de estos conjuntos de datos se le calculó la media por hora. Esto es, se halló la media de los consumos de la hora  $x$  para todos los clientes de la ciudad y en la estación  $z$ . Posteriormente se halló la media por ciudad y la media global por estación. Los resultados de estas curvas se pueden ver en las Figuras de la 2 a la 5. En la Figura 2 se caracterizan las curvas por estación para todas las ciudades y en las Figuras 3, 4 y 5 se representan para cada ciudad. Aunque no es objeto de este trabajo, se pueden observar algunos patrones que podrían tener interés para análisis sociológicos, demográficos o culturales. Lógicamente en las tres ciudades el mayor consumo se produce por la noche en invierno, sin embargo, en Barcelona, el consumo en verano está por encima en bastantes horas del día y de hecho es Barcelona donde menos diferencia entre estaciones se percibe.

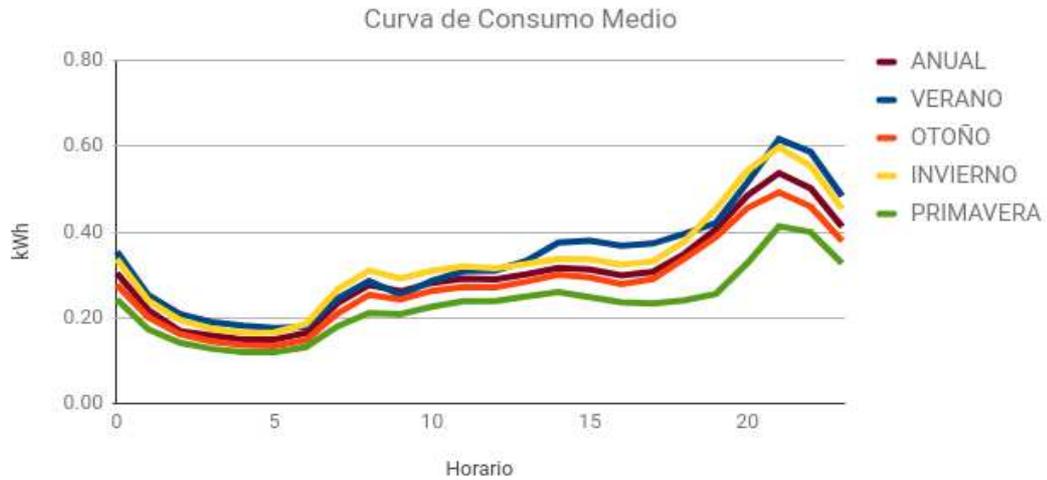


Figura 3. Curva característica de consumo en Barcelona.

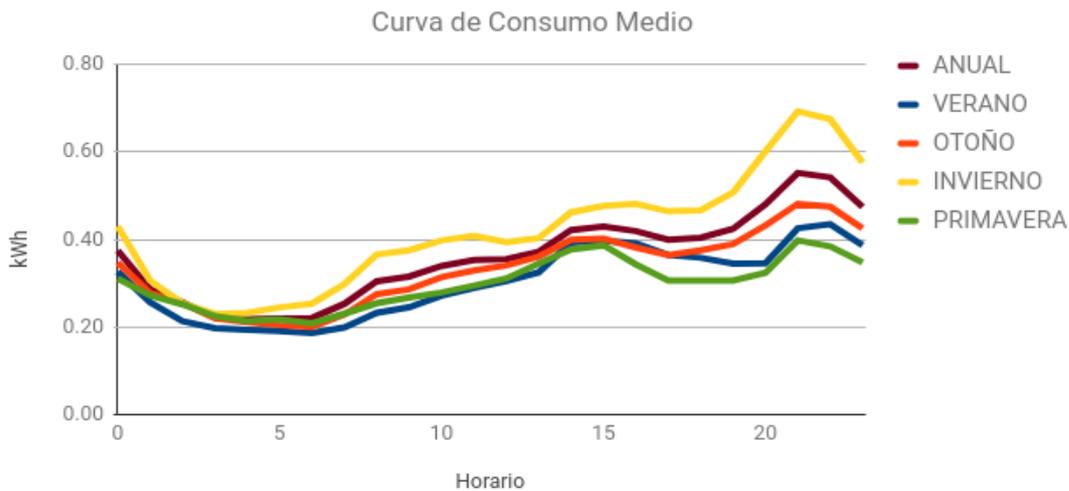


Figura 4. Curva característica de consumo en Málaga.

En el caso de Sevilla, en la Figura 5 se observa un consumo medio de electricidad en verano por debajo del primaveral a pesar de que, en general, el calor suele elevar el consumo de electricidad. Una posible explicación es que mientras Málaga y Barcelona son ciudades con gran afluencia turística en verano, en Sevilla es justamente al contrario. Las vacaciones de la población universitaria (más de 80.000 personas, casi un 10% de la población) unido al traslado de grandes bolsas de población hacia las costas de Cádiz y Huelva pueden explicar la bajada de la demanda en julio y agosto. Por otro lado, el consumo máximo que en Málaga y Barcelona es a las 21 horas, en Sevilla se retrasa hasta las 22 horas en cualquier estación.

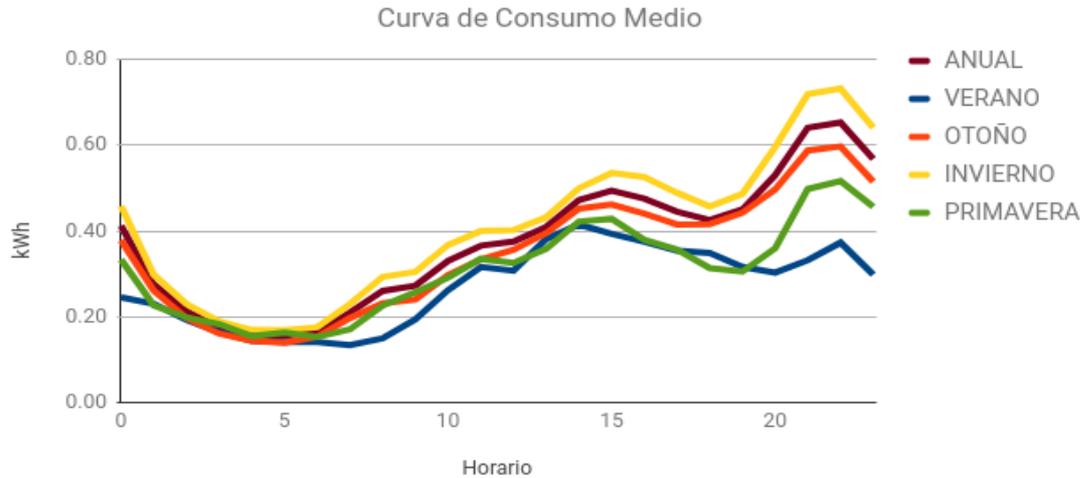


Figura 5. Curva característica de consumo en Sevilla.

Para hacer los cálculos económicos se han usado los precios regulados en la Orden IET/2735/2015 y que se muestran en la Tabla 2.

	Tarifa	Termino de Potencia €/kW y año	Termino de Energía €/kWh		
			Periodo 1 (Punta)	Periodo 2 (Valle)	Periodo 3 (Supervalle)
NO	2.0A	38,043426	0,044027	-	-
SI	2.0DHA	38,043426	0,062012	0,002215	-
SI	2.0DHS	38,043426	0,062012	0,002879	0,000886

Tabla 2. Precios regulados de referencia

## 4. MÉTODO

### 4.1. CÁLCULO DE LA DISCRIMINACIÓN HORARIA ÓPTIMA.

La selección de una tarifa de acceso adecuada a los hábitos de consumo puede tener efectos beneficiosos en la economía del consumidor. Las tarifas de discriminación horaria, como se ha visto, vienen reguladas por el Real Decreto 216/2014 y actualizadas con la orden de tarifas de cada año [16]. Su objetivo es facilitar al consumidor una adecuación de sus hábitos de consumo a las tarifas más bajas, sin embargo, una mala elección puede suponer costes mayores.

En este estudio se adopta la premisa que el usuario no está dispuesto a modificar sus hábitos de consumo (por ejemplo, lavando o planchando en horario nocturno), que será objeto de un estudio posterior. Por tanto, se ha analizado la muestra para determinar la tarifa más adecuada de los clientes, calculando cuál podría ser el potencial de ahorro para

el consumidor si, partiendo de la información disponible, contratara la tarifa de acceso óptima en lugar de la actual, Se ha de considerar que este potencial de ahorro tiene un efecto inmediato ya que el consumidor solo tiene que modificar su tarifa y siempre que su contador esté correctamente integrado en el sistema de telegestión, lo puede hacer mediante una gestión telefónica o accediendo a la web de su empresa suministradora.

La tarifa de acceso seleccionada solo va a afectar al término de energía, ya que la componente de potencia es la misma para todas las tarifas. Por tanto, para el cálculo de la tarifa de acceso óptima, se ha calculado el coste del término de energía para todas las tarifas existentes (sin discriminación, con discriminación horaria en dos y en tres periodos), considerando que la tarifa adecuada para el cliente es aquella que supone un menor coste para el término de energía en el periodo analizado.

El potencial de ahorro se calcula en base a la suma de las diferencias económicas para el término de energía entre la tarifa óptima y la contratada de forma mensual entre el número de meses del tamaño de la muestra. Las tarifas de discriminación horaria toman como referencia diferentes tramos horarios en los que los precios de la energía eléctrica son diferentes. Estos tramos se dividen en las denominadas horas valle (precio más económico) y horas punta (precio más caro).

## 4.2. ELECCIÓN DE LA POTENCIA CONTRATADA.

El término de potencia es un término fijo de facturación y es medido en kW. Su precio en el mercado regulado depende de los precios fijados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo. En nuestro estudio, tomamos como referencia los precios publicados en [16] que establecen el precio kW año en 38,043426 €. Ver Tabla 3.

Intensidad (Amparros)	Instalación Monofásica (kW)	Cuota anual €
5,0	1,15	43,75
7,5	1,73	65,62
10,0	2,30	87,50
15,0	3,45	131,25
20,0	4,60	175,00
25,0	5,75	218,75
30,0	6,90	262,50
35,0	8,05	306,25
40,0	9,20	350,00

Tabla 3. Potencias normalizadas en instalación monofásica para usuarios de potencia contratada menor de 10 kW [17]

La correcta adecuación de la potencia contratada al hábito de consumo es determinante ya que una potencia inferior a la necesaria puede desencadenar continuos cortes en el suministro debido a la actuación del interruptor de control de potencia. Sin embargo, una potencia excesiva puede incurrir en costes innecesarios o poco productivos por lo que su adecuación es clave para evitar excesos de facturación.

Determinamos el ahorro potencial por adecuación del término de potencia como el ahorro promedio anual en caso de contratar la potencia adecuada al hábito de consumo. Hemos inferido la potencia adecuada a partir de las curvas de demanda cuarto horarias. Una vez determinado el valor, se selecciona el inmediato superior de la relación de potencias normalizada, que se muestran en la Tabla 4.

Para establecer los picos máximos de potencia consumida, hemos usado los valores medidos cada cuarto de hora para generar curvas de consumo continuas. De esta manera, al igual que se realiza en [18], la demanda en cada instante  $t$  se

ha calculado como el valor medido en la hora en que está t más un valor en forma de “ruido blanco” que hemos considerado distribuido según una distribución normal  $N(0, \sigma)$ . Así, es posible generar las funciones de densidad de los consumos y establecer un valor límite, en nuestro caso el percentil  $P_{90}$  (la probabilidad de que la potencia máxima alcanzada sea mayor que la proporcionada será menor de 0,1) de la distribución normal que se ha considerado como el valor máximo típico de consumo en un cuarto de hora. Luego dicho valor máximo es comparado con la potencia contratada y de esta forma, es posible saber si el cliente tiene una potencia adecuada para su consumo o no. Para calcular el valor medio horario se ha multiplicado por 4 el consumo medio en el periodo cuarto-horario (para convertirlo en la media por hora) y la desviación  $\sigma$  se ha calculado como la desviación del consumo de cada cliente a lo largo de toda la muestra (todos los datos de ese cliente a nivel cuarto-horario). Por tanto, estimaremos los consumos máximos registrados de un cliente a lo largo de las  $4 * 24$  mediciones posibles (cuatro mediciones por hora) y su equivalente tomando el percentil 90 para las distribuciones normales que generarían dichas mediciones. La probabilidad de que sea mayor de los valores estimados es menor a 0,1.

## 5 RESULTADOS

Considerando que la totalidad de la población de estudio tiene contratada la tarifa sin discriminación horaria, se ha analizado el resultado de adecuar de forma correcta la tarifa a los hábitos de cada consumidor, y hemos obtenido el resultado mostrado en la Tabla 4.

Tarifa	Nº de clientes según su tarifa optima	%
<b>2.0A</b>	10	1%
<b>2.0DHA</b>	944	85%
<b>2.0DHS</b>	161	14%

Tabla 4. Distribución de las tarifas óptimas por clientes de la muestra.

Como se puede observar en la Tabla 5, el 99% de la población de estudio encontraría su tarifa óptima entre la oferta de discriminación horaria en cualquiera de las modalidades analizadas.

Esta idea se subraya en la Figura 6, que muestra un diagrama de dispersión de los costes para los clientes. En este gráfico de dispersión cada cliente se representa mediante un punto, de manera que las coordenadas x e y de dicho punto representa su gasto energético obtenido con dos tarifas diferentes. Así los puntos azules son la comparación entre la tarifa sin discriminación y la de dos periodos de discriminación y los puntos rojos la comparación entre las dos tarifas con discriminación. Cuando en un gráfico de dispersión los valores se agrupan alrededor de la recta  $y=x$ , significa que no hay diferencias significativas, que es lo que ocurre en la nube de puntos roja. Por tanto, concluimos que para la mayoría de los clientes no es significativo cual tarifa con discriminación es mejor. Sin embargo, la nube azul por debajo de la diagonal indica que, en general, un cliente con discriminación horaria pagará menos que si no la tuviera. En la figura, aparecen dos puntos que tomamos como ejemplos paradigmáticos. En el caso del valor rojo rodeado, el cliente con la tarifa de discriminación horaria con dos periodos paga casi 400 € (ordenada), mientras que, con tres, el coste es ligeramente superior (abscisas) pero la diferencia es despreciable. Por contra, para el punto azul rodeado, se entiende que el usuario sin discriminación paga algo más de 200 € (abscisas) por su consumo histórico, mientras que, con la discriminación horaria en dos periodos, pagaría alrededor de 125 € (ordenadas).

COLLABORATION

Angel Arcos-Vargas, Jose M<sup>a</sup> Luna-Romera, Jorge García-Gutiérrez, José Carlos Riquelme-Santos

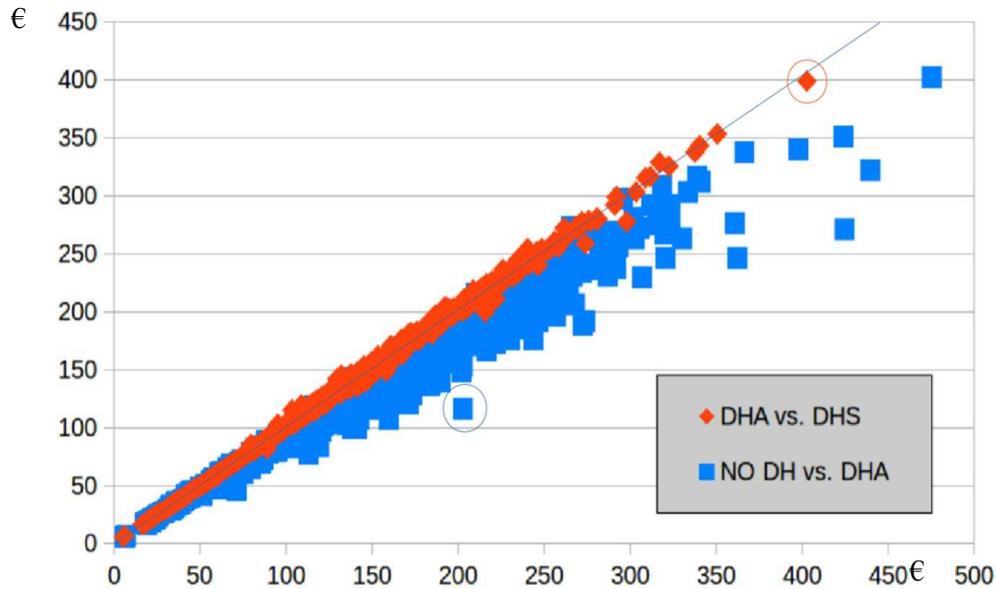


Figura 6. Gráfica de dispersión (ambos ejes en euros) del coste para los usuarios aplicando tarifa sin discriminación horaria (eje X en euros) y con discriminación (eje Y) en color azul y comparando el coste de aplicar DHA (eje X) y DHS (eje Y) para cada cliente en rojo.

Tomando como referencia los precios actuales (España; 2015) obtuvimos los estadísticos se muestran en la Tabla 5 como guía.

Tarifa Seleccionada	% Ahorro medio	Media	Desviación típica	Máximo ahorro detectado	Mínimo ahorro detectado
2.0DHA	9,6%	30,17 €	27,48 €	384,77 €	-17,30 €
Óptima	9,7%	30,57 €	27,56 €	384,77 €	0,0 €

Tabla 5. Distribución del potencial de ahorro anual para los clientes que cambien a tarifa con discriminación horaria con dos periodos o a una tarifa con discriminación óptima (la que mejor se adapte a su consumo).

Como podemos apreciar el potencial de ahorro promedio del consumidor tan solo por escoger una tarifa discriminación horaria es de casi el 10% lo que supone unos 30,17 € por año para cada consumidor. Del análisis se desprende que, como norma general, el usuario debería plantearse ir a una tarifa de acceso con discriminación horaria. El número de periodos influye de una forma menor según lo que nos indica el análisis, aunque un estudio personal a partir de las curvas de consumo podría ayudar a ajustar la tarifa óptima. Este ahorro es sin cambiar los hábitos de consumo. Por tanto, el potencial de ahorro podría ser mayor teniendo en cuenta que tener una tarifa de discriminación podría fomentar una mayor conciencia para consumir en los periodos valle.

Para determinar la potencia adecuada se aproximó el percentil 90 máximo de cada cliente a la potencia regulada más próxima, al alza. Como resultado del análisis se observa en la Figura 7 que un alto porcentaje de clientes tienen una potencia contratada que no es adecuada a sus hábitos de consumo. Un 43,19% de los clientes tienen una potencia contratada superior a la que realmente están demandando, existiendo valores regulados inferiores que serían suficientes para atender sus necesidades, teniendo la posibilidad de reducirla con el consecuente ahorro económico para el

consumidor. Esta situación es frecuente debido al aumento en la eficiencia de los receptores (aires acondicionados, sistemas de iluminación, calefacción, etc.) que habiéndose renovado, no se ha ajustado el contrato con la empresa suministradora, al carecer, hasta ahora, de suficiente información sobre su función de demanda, así como de las molestias asociadas al disponer de un valor más bajo (frecuentes disparos de los mecanismos de protección) Por otro lado, otro 41,04% debería contratar una potencia superior, con lo que se puede inferir algún tipo de irregularidad en estos suministros.

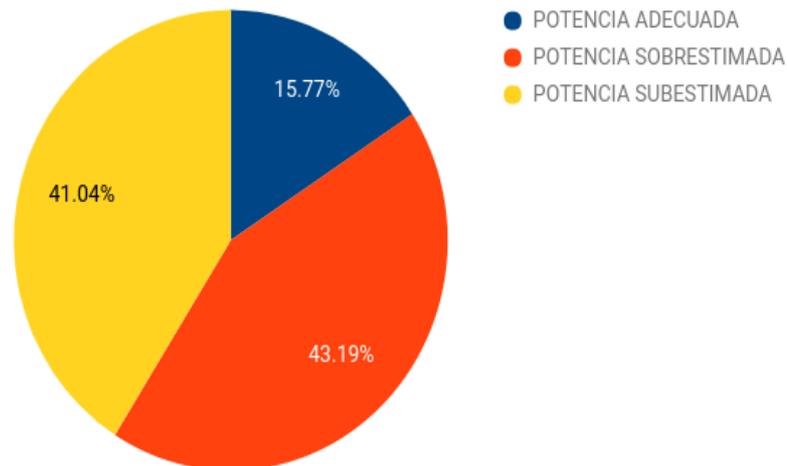


Figura 7. Porcentaje de clientes que se encuentran con una contratación de potencia adecuada, por encima de sus necesidades o por debajo según la metodología aplicada.

Tipo de cliente	Media	Desviación típica	Máximo sobrecoste detectado	Máximo ahorro detectado
Potencia subestimada	-62,57€	42,84€	-249,95€	-
Potencia sobrestimada	52,39€	60,96€	-	509,40€
Todos los usuarios	-7,56€	78,93€	-249,95€	509,40€

Tabla 6. Resumen del potencial de ahorro/costes asociados a una mala adecuación de la potencia contratada.

El análisis del ahorro potencial por adecuación de potencia contratada indica que casi la mitad de los clientes están con una potencia mayor de la necesaria y que la otra mitad está con potencia menor de la que requieren. Los valores de ahorro pueden llegar a casi 200 euros anuales, mientras que la minusvaloración puede representar hasta 250 euros anuales para las comercializadoras. La Tabla 6 muestra el ahorro potencial para los clientes y el sobrecoste asumido por las empresas comercializadoras (en ambos casos por año y cliente) por la posible incorrecta adecuación de la potencia contratada.

El hecho de que aparezcan usuarios con una potencia contratada menor que la demandada puede explicarse en parte por errores o malos funcionamientos en los equipos de control y medida o instalaciones sin ICP (interruptor de control de potencia). El análisis de la información de los contadores inteligentes hará que estos usuarios contraten la potencia que realmente demandan. Tomando como referencia aquellos clientes que tienen una potencia contratada superior a la realmente demandada, se ha estimado su ahorro potencial medio anual en 52,39 € anuales.

## 6. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO PARA EL USUARIO FINAL

A la vista de los resultados anteriores, se puede apreciar el gran beneficio que puede capturar el usuario de hacer uso de toda la información que le suministra el contador inteligente. Como coste, debe abonar la diferencia del precio del alquiler, que asciende a 3,72 € anuales.

Los ingresos a capturar por el uso de la información por un consumidor representativo procederían del cambio en la tarifa de acceso a la más adecuada y el ajuste de la potencia contratada al escalón superior más próximo normalizado. Según se ha analizado, para el consumidor característico los ahorros esperados ascienden a 30,57 € y 52,39 € anuales, por la elección de la tarifa de acceso óptima y el ajustar a la potencia contratada a la realmente consumida respectivamente.

El total de los ahorros esperados asciende a 82,96 € mientras que los costes sólo ascienden a 3,72, por lo que el beneficio esperado del despliegue de los contadores inteligentes asciende a 79,24 €. Para el cálculo de esta cantidad no se han tenido en cuenta el impuesto especial de la electricidad (5 %) y el IVA (21%), dado que la mayor parte de los usuarios son consumidores finales, a efectos del beneficio transmitido al usuario, hay que incluir los impuestos, lo que supera ligeramente los 100 € al año.

Dado que en España existen casi 26 millones de clientes eléctricos residenciales, el beneficio total transmitido a los consumidores se estima en unos 3.000 millones de € anuales

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se ha analizado la información procedente de los contadores inteligentes de electricidad que se están instalando actualmente en Europa y deberán completarse antes del final del 2018. La muestra considerada es de más de 1.000 usuarios de tres ciudades españolas (Barcelona, Málaga y Sevilla). De la información analizada, se concluye que existen dos fuentes principales de ahorro de costes: la elección de la tarifa de acceso adecuada y la contratación de la potencia contratada óptima.

Sobre la tarifa de acceso, se observa que:

- Sólo el 1% de los clientes analizados tienen contratada la tarifa de acceso que mejor se ajusta a su perfil de consumo.
- La tarifa de acceso más favorable es la 2.0 DHA (discriminación horaria de dos periodos).
- Aún en los casos que la tarifa más adecuada es la de discriminación en tres periodos (2.0DHS), la pérdida de ahorro por elegir la 2.0DHA es del orden del 1%.

Sobre la adecuación de la potencia contratada, se observa que casi la mitad de la muestra tiene contratada una potencia inferior a la necesaria, lo que pone en evidencia posibles errores en los equipos de control y medida (manipulaciones). Estas situaciones serán regularizadas por la empresa distribuidora una vez se activen todas las funciones de la telegestión. Para aquellos usuarios que tienen contratada una potencia superior de la necesaria, se han identificado unas reducciones promedias del orden de 1 kW.

Por otra parte, los costes para el usuario de la instalación del sistema de telegestión, corresponden a la diferencia entre los alquileres regulados de los contadores electromecánicos e inteligente.

Existen muchos trabajos que analizan estudios coste beneficio del sistema de telegestión siguiendo las indicaciones de la Comisión Europea, pero ninguno lo hace desde el punto de vista del usuario. En el presente se concluye que de usarse de forma eficiente la información procedente del sistema de telegestión, el efecto positivo para el cliente representativo del uso de la información procedente del sistema de telegestión asciende a 100 € anuales por usuario medio.

A la vista de los resultados obtenidos, la probabilidad de ahorrar eligiendo la tarifa de acceso de discriminación horaria de dos períodos (2.0DHA) es prácticamente del 100%. El beneficio podría ser muy superior si una vez cambiada la tarifa el consumidor doméstico cambiara sus patrones de consumo mediante la posibilidad de desplazar consumos del período pico a los periodos nocturnos.

## PARA SABER MAS

- [1] Suárez-Gonzalo, S. (2017) "Big social data: límites del modelo notice and choice para la protección de la privacidad". *El Profesional de la Información*, 26, 283-292. <https://doi.org/10.3145/epi.2017.mar.15>
- [2] Figueiras-Vidal, A. (2014) "Smart society, the challenge of the 21st Century". *Dyna*, 89, 148-149. <https://doi.org/10.6036/5849>
- [3] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (2017). *Boletines de Indicadores Eléctricos*. Madrid. <https://www.cnmc.es/expedientes/isde01217>
- [4] Ramírez-Mendiola JL, P. Grünwald N. Eyre. (2017). "The diversity of residential electricity demand – A comparative analysis of metered and simulated data *Energy and Buildings*". Volume 151, 15 Pages 121-131. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.006>
- [5] Haider, Haider-Tarish; See, Ong-Hang; Elmenreich, Wilfried (2016). "A review of residential demand response of smart grid." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59, pp. 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.016>
- [6] Hussain I et al. (2015) "A Review on Demand Response: Pricing, Optimization, and Appliance Scheduling". *Procedia Computer Science*. Volume 52, pp. 843-850. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.141>.
- [7] Wang, Qi; Chunyu, Zhang; Yi, Ding; George, Xydis; Jianhui, Wang; Østergaard, Jacob. (2015). "Review of real-time electricity markets for integrating distributed energy resources and demand response." *Applied Energy*, 138, 695-706. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.048>
- [8] Haider, Haider-Tarish; See, Ong-Hang; Elmenreich, Wilfried (2016). "Residential demand response scheme based on adaptive consumption level pricing." *Energy* 113, pp. 301-308 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.052>.
- [9] Red Eléctrica de España. (2016). "Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2016" [http://www.ree.es/sites/default/files/11\\_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2016-v3.pdf](http://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2016-v3.pdf).
- [10] Cherrelle, E.; Koliou, E.; Valles, M.; Reneses, J.; Hakvoort, R. (2016). "Time-based pricing and electricity demand response: Existing barriers and next steps." *Utilities Policy*, 40, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.04.001>
- [11] Madina-Doñabeitia, C.; Arechalde-Ugarteche, I. (2011). "Las nuevas redes eléctricas inteligentes, su medida y gestión de la demanda." *DYNA*, 86, 300-317. <https://doi.org/10.6036/3964>
- [12] Táczai, István; Szörényi, Gabor (2016). *Smart Metering: Cost Benefit Analysis of Potential Dissemination and Results of Pilot Projects*. Short Position Paper to assist the Energy Regulators Regional Association. [http://erranet.org/wp-content/uploads/2016/03/Position-Paper\\_Smart-Metering-CBA-of-Potential-Dissemination-and-Results-of-Pilot-Projects\\_final\\_2016\\_eng.pdf](http://erranet.org/wp-content/uploads/2016/03/Position-Paper_Smart-Metering-CBA-of-Potential-Dissemination-and-Results-of-Pilot-Projects_final_2016_eng.pdf)
- [13] Iturralde Lezaun, Mikel; Sainz-de-la-Maza-Escobar, Eduardo; Marti-Carrera, Jordi; Mitxelena-de-la-Torre, Alaitz; Gorria, Carlos. (2017) "Método para calcular la potencia eléctrica óptima a contratar en España." *Dyna*, 92, 106-112. <https://doi.org/10.6036/8021>
- [14] España (2007) "Orden ITC/3022/2007, de 10 de octubre, por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los contadores de energía eléctrica." BOE n. 250, 18 de octubre. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-18193](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-18193).
- [15] España (2014) "Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación." BOE 77, 29 de marzo. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-3376](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-3376).
- [16] España (2015) "Orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2016 y se aprueban determinadas instalaciones tipo y parámetros retributivos de instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos." BOE 302, 18 de diciembre. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/12/18/pdfs/BOE-A-2015-13782.pdf>
- [17] España (2006) "Resolución de 8 de septiembre de 2006, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se modifica la de 14 de marzo de 2006, por la que se establece la tabla de potencias normalizadas para todos los suministros en baja tensión" BOE n. 231, 27 de septiembre. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-16908](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-16908)
- [18] Nandakumar, N. (2016). *Computational Models of Natural Gas Markets for Gas-Fired Generators*, Massachusetts Institute of Technology. <http://hdl.handle.net/1721.1/108213>