

# EVOLUCION DE LA DEMANDA ENERGETICA EN LA ESPAÑA MEDITERRANEA, BASADA EN EL INDICE DE GRADOS-DIA DE CALENTAMIENTO ENFRIAMIENTO

María J. ORTIZ BEVIA<sup>1</sup>, M. Carmen LOPEZ BREA , Irene PEREZ GONZALEZ <sup>1</sup>  
*Grupo de Física del Clima, Depto de Física, Universidad de Alcalá*  
mjose.ortiz@uah.es.

## RESUMEN

El índice de grados-día de calentamiento y el índice de grados-día de enfriamiento dan una estimación básica de la demanda doméstica de electricidad. En este trabajo se calcula la evolución de dichos índices para España en el período 1970-2004. Se estudia la incidencia que la evolución de la población puede tener en estos índices y se comparan los valores obtenidos para la región mediterránea con los calculados para todo el territorio nacional.

**Palabras clave:** Índices climáticos, grados-día de calentamiento, grados-día de enfriamiento, población, diferencias regionales.

## ABSTRACT

The heating degrees-day index and the cooling degrees-day index are climatic indices that estimate the energy demand of the homes. In this work, we estimate both indices for Spain and the period 1970-2004. We study the impact that the population evolution (increase and redistribution) has on those indices, and we compare the indices computed for the mediterranean region only with those obtained for the whole Spain.

**Key words:** Climatic indexes, heating degrees-day, cooling degrees-day, population, regional-differences.

## 1. INTRODUCCION

La influencia de las variables meteorológicas en la demanda energética está bien establecida. De hecho, a medio plazo, ya existen pronósticos para esta demanda a partir de conjuntos de predicciones meteorológicas (Taylor y Buizza 2003). A más largo plazo, la metodología para evaluar la respuesta de la demanda energética al cambio climático está siendo desarrollada (D'Amato et al 2005).

La demanda energética doméstica está muy condicionada por las necesidades de acondicionamiento (calentamiento o enfriamiento) de los hogares. La variable que controla esencialmente estas necesidades de calentamiento o enfriamiento es la temperatura diaria, mientras que otras variables físicas relacionadas con el tiempo (humedad, insolación, viento, etc.) juegan un papel menor (Engle et al 1992). Por ello es razonable tomar un índice climático basado en la temperatura como estimación de la demanda energética.

En la estimación a partir de observaciones meteorológicas de un índice de temperatura representativo de la demanda energética se separan las dos funciones de acondicionamiento en dos índices, el índice de grados-día de calentamiento y el índice de grados-día de enfriamiento (Le Comte y Warren 1981, Quayle y Díaz 1980): En un caso se considera sólo el defecto de grados de temperatura con respecto a una temperatura de confort, y en el otro caso, sólo el exceso. En la determinación de esta temperatura de confort es posible introducir efectos no lineales, de acuerdo con la demanda energética (Valor et al 2001), aunque de forma simplista, se puede tomar igual a 18° C. El trabajo de Valor et al 2001 es pionero en el estudio de la relación entre demanda energética doméstica y los índices de grados-día de calentamiento o enfriamiento. Este estudio utiliza datos de cuatro estaciones (Madrid, Valencia, Sevilla y Bilbao) que corresponden a cuatro climatologías fundamentales de España y también a áreas muy pobladas. El estudio abarca el periodo 1983-1999, para el que los datos de la demanda eléctrica del proyecto OMEL de Red Eléctrica Española estaban disponibles, y los datos de la población se calculan como un promedio a los valores del censo de ese periodo.

Las observaciones de la demanda energética doméstica no están disponibles más que como promedio nacional (es decir no suele estar desglosada por regiones, ..etc). Por lo tanto en esta demanda intervienen factores socioeconómicos, además de los puramente climáticos, como la demografía. La necesidad de calibrar de acuerdo con datos reales de demanda energética ha llevado a introducir factores tales como el ratio de población como pesos en la construcción de los índices climáticos que dan cuenta de la demanda energética. Sin embargo gracias a esta introducción tenemos un índice representativo de la sostenibilidad de las demandas energéticas en una situación determinada.

En este trabajo no sólo se tiene en cuenta el impacto de la evolución demográfica, sino que también se estudian posibles diferencias regionales. La utilización de datos regionales es necesaria, debido la existencia de diferencias regionales en el impacto del cambio climático en la Península, y también a diferencias regionales en las infraestructuras de suministro eléctrico (D'Amato et al, 2005)

## **2. CAMPOS DE DATOS Y METODOLOGIA UTILIZADA.**

Los índices de temperatura se han calculado a partir de las medias diarias de esta variable, obtenidas a partir de los valores máximos y mínimos diarios en 30 estaciones meteorológicas seleccionadas, una por provincia, por todo el territorio español. Las observaciones fueron suministradas por el Instituto Nacional de Meteorología (INM) español. Se seleccionaron las estaciones que suministraban una cobertura con menos de un 2 % de ausencias en el dato diario, durante el período del reanálisis ERA (1958-2004). La localización de las estaciones aparece representada en nuestra figura 1.

Para el cálculo de los índices grado-día los valores diarios ausentes se rellenaron por un procedimiento de interpolación basado en la descomposición en valores singulares (SVD) de la matriz regional de correlación.

Para el cálculo de los ratios de población que intervienen en los grados-día se tuvieron en cuenta los datos censales publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) español.

A partir de estos datos se calculan los índices grados-día de calentamiento o enfriamiento. Para cada estación  $j$  y cada año  $i$  se calcula un índice de calentamiento  $H_{ij}$  como

$$H_{ij} = \sum_k (T_c - T_{kij}) H(T_c - T_{kij})$$

donde  $T_{kij}$  es la media diaria del día  $k$  del año  $i$  en la estación  $j$ , y  $T_c$  es una temperatura de confort, en la que se estima que la demanda energética es despreciable. Esta temperatura se toma en el presente trabajo como  $T_c = 18$  C.  $H(s)$  es la función escalón, que vale 1 para valores  $s > 0$ , y 0 para  $s < 0$ . La  $\sum_k$  promedia a todos los días de los meses comprendidos entre Agosto (mes 8) del año  $(i-1)$  y Julio (mes 7) del año  $i$ .

Igualmente, tendremos para el índice de enfriamiento

$$C_{ij} = \sum_k (T_{kij} - T_c) H(T_{kij} - T_c)$$

y ahora la  $\sum_k$  promedia a todos los días de los meses del año  $i$ .

El índice grados-día de calentamiento se calcula como la media ponderada por el ratio de población  $w_{ij}$  de estos índices calculados a partir de la temperatura.

$$w_{ij} = p_{ij} / P_t$$

donde  $p_{ij}$  es la población de la provincia  $j$  en el año  $i$  y  $P_t$  es la población total considerada, de forma que el índice de grados-día de calentamiento vendrá dado por

$$HDD_i = \sum_j H_{ij} w_{ij}$$

y para los grados-día de enfriamiento tendremos

$$CDD_i = \sum_j C_{ij} w_{ij}$$

### 3. RESULTADOS

En los experimentos cuyos resultados se presentan aquí, los valores  $P_t$  de población se fijan a los del primer año de censo incluido. Para poner de manifiesto la incidencia de la evolución de población se han calculado los grados-día en distintos supuestos. En el primer y tercer supuesto, los ratios de población se calculan de acuerdo con el censo de uno de los años incluidos, el primero en un caso (1970) y el último en el otro (2004), y se mantienen fijos. En el segundo supuesto los ratios de población se dejan evolucionar de acuerdo con los datos censales entre 1970 y 2004. El resultado de estos experimentos aparece en la fila superior de la Figura 2. Además hemos construido unos índices para la región Mediterránea, que se muestran igualmente en la fila inferior de la Figura 2

Los valores obtenidos en el caso realista (línea intermedia) están en buen acuerdo con los calculados por Valor et al 2001, en el período en que ambos estudios se solapan. Observamos en todos los casos una disminución de los grados-día de calentamiento y un aumento de los

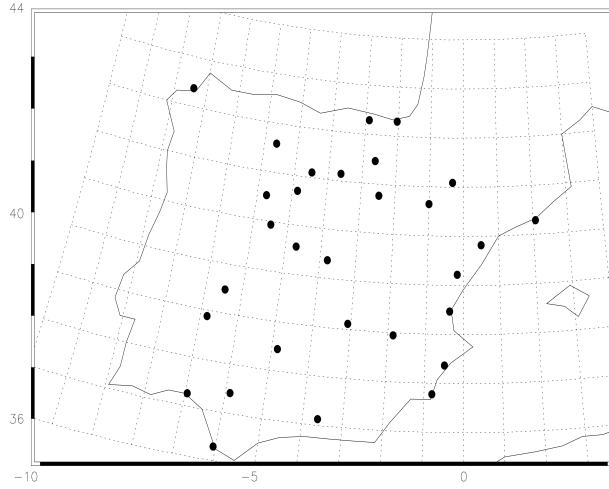


Fig. 1: Localización de las estaciones utilizadas para el cálculo de los grados-día de calentamiento y grados-día de enfriamiento para España.

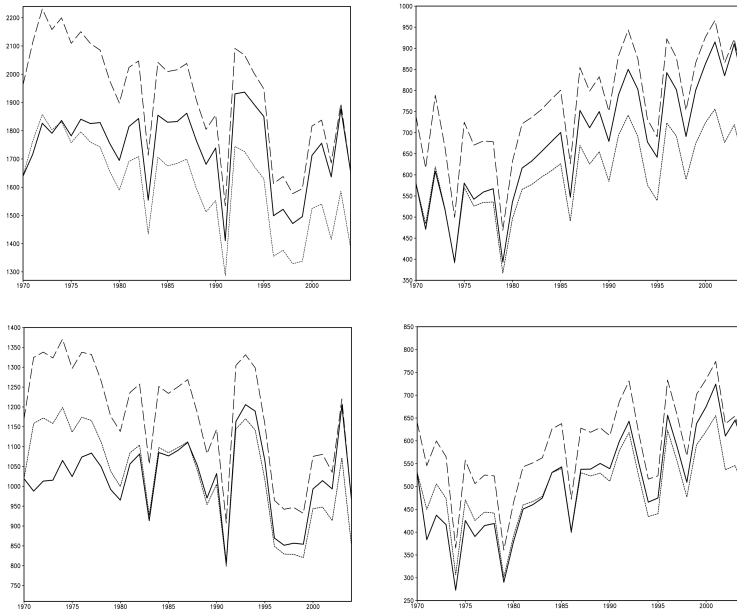


Fig. 2: Fila superior izquierda: grados-día de calentamiento . Fila superior derecha: Grados-día de enfriamiento .Fila inferior izquierda: Grados-día de calentamiento en la zona mediterránea. Fila inferior derecha: Grados-día de enfriamiento en la zona mediterránea. En todos los casos, la línea fina continua representa grados-días calculados con el censo fijo a los valores de 1970, la línea gruesa, grados-días calculados con la evolución realista del censo , la línea discontinua con los valores del censo de 2004.

grados-día de enfriamiento. Esto responde indudablemente a la evolución de las temperaturas en las últimas décadas. Aunque tal efecto ya se apreciaba en el trabajo de Valor et al 2001, aquí es más patente, al haber aumentado la longitud de la serie temporal de dieciséis a treinta y cinco años.

Con el fin de cuantificar este efecto, hemos calculado los coeficientes de las rectas de regresión que ajustan estos datos en todos los casos. Los valores obtenidos para la pendiente (en grados-día /año ) se reflejan en nuestra tabla 1.

<b>Grados-día de calentamiento</b>	<b>España</b>	-12.3	-5.5	-15.1
	<b>Region Med.</b>	-8.9	-2.8	-10.3
<b>Grados-día de enfriamiento</b>	<b>España</b>	4.6	9.5	6.
	<b>Region Med.</b>	2.5	6.	3.

Tabla 1: VALORES DE LA PENDIENTE DE LAS RECTAS DE REGRESIÓN QUE AJUSTAN LOS DATOS DE LA FIGURA 2. LA PRIMERA COLUMNA ES PARA EL CASO EN QUE SE TOMAN VALORES DE POBLACIÓN COMO EN EL CENSO DE 1970. LA SEGUNDA COLUMNA CORRESPONDE A VALORES DE POBLACIÓN REALISTA, Y LA TERCERA A VALORES DE POBLACIÓN CON CENSO DE 2004.

Vemos que la disminución de los grados-día de calentamiento y el aumento de los grados-día de enfriamiento es más patente en el dominio completo que en la región mediterránea. También observamos que el efecto es más patente para los grados-día de enfriamiento (tanto en el caso del promedio nacional como en el mediterráneo). La comparación de las columnas nos permite afirmar que esto es debido a las variaciones demográficas, que se oponen al efecto de disminución en el caso de los grados-día de calentamiento y sin embargo se suman al efecto de aumento en el caso de grados-día de enfriamiento.

#### 4. CONCLUSIONES

Los índices de grados-día de calentamiento y grados-día de enfriamiento son indicadores aceptados de la demanda eléctrica doméstica. En este trabajo se presenta una estimación de dichos índices a partir de datos diarios de temperatura de treinta y dos estaciones distribuidas por el territorio español. Se presenta también una estimación para en el subdominio mediterráneo.

En el cálculo de los grados-día las series de observaciones de temperatura se pesan con los ratios de población de la región representada por la serie. Esto introduce en el cálculo de los grados-día correcciones demográficas, que por primera vez se tienen aquí en cuenta. Vemos por ejemplo que el aumento de las temperaturas registrado en las series meteorológicas es corregido por la migración demográfica hacia zonas más templadas, disminuyéndolo. Sin embargo, en el caso de los grados-día de enfriamiento, los desplazamientos de la población incrementan la tendencia de aumento presente en las series meteorológicas.

El aumento de los grados-día de enfriamiento y la disminución de los grados-día de calentamiento señala un acusado desplazamiento estacional de la demanda eléctrica (que a grandes rasgos ya se ha observado). La comparación de las tendencias apunta a un aumento de la demanda eléctrica de hasta un 40 % .

## 5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Nacional de Meteorología español (en la actualidad Agencia Estatal de Meteorología) la cesión de los datos.

## 6.-REFERENCIAS

- ENGLE R, C. MUSTAFA Y J. RICE (1992) , Modeling Peak Electricity Demand , *J of Forecasting* , 11 pp. 241-251.
- D' AMATO A, M. RUTH, P. KIRSHEN y J. HORWITH (2005) , Regional Energy Demand Responses to Climate Change, *Climatic Change*,7 pp. 171-201.
- LECOMTE D. M. y WARREN H.E. (1981) “Modeling the impact of summer temperature on national electricity consumption”, *J. Appl. Meteorol.* ,20, pp 1415-1419 .
- QUAYLE E. y DIAZ H. (1979). “ Heating degree-day data applies to residential heating energy consumption ”. *J. Appl. Meteorol.* ,19, pp. 241-246.
- VALOR E, MENEU V, CASELLES V (2001). Daily air temperature and electricity load in Spain, *J Appl. Meteor.* , 408, 1413-1421.
- TAYLOR J W y BUIZZA R (2003). Using weather ensemble prediction in electricity demand forecasting , *.Int J. Forecasting* , 19, 57-70.