

CLIMATIC CHARACTERIZATION OF EXTREMADURA

Ruiz Celma, A.¹; López Rodríguez, F.²; Cuadros Blázquez, F.¹; Nieto-Sandoval
García, B.¹; Pulido Granado, E.¹

¹ Universidad de Extremadura, ² Agencia Extremeña de la Energía

The purpose of this procedure is to improve, enhance and amend the information that describes the weather for each of the 386 municipalities in Extremadura, contained in the document of the technical building code.

In this work, we present the results of the allocation of climate zones for the municipalities of Extremadura.

Subsequently to the obtain weather information, defines the procedure for the allocation of climatic zones.

Describes two cases for the development of the methodology, which considered the municipalities which have climatic records and those which do not. The first procedure uses defined correlations of climatic severity in the CTE. For the rest an interpolation procedure are used that makes a correction regarding the geographical distance, the difference in altitude and latitude, thereby improving the CTE results, which only requires knowledge of the altitude difference between the municipality and its provincial capital.

It is concluded that this methodology allows the calculation of climatic zoning consistent with the Spanish regulations on Energy efficiency in buildings, obtaining a more precise zoning that existing one.

Keywords: *Climate; Zones; Climatic; Severity*

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE EXTREMADURA.

La finalidad de este procedimiento es mejorar, ampliar y rectificar-en su caso- la información que describe el clima para cada uno de los 386 municipios de Extremadura, recogida en el Documento Básico del Código Técnico de la Edificación. Se presentan los resultados de la asignación de las zonas climáticas de Extremadura. Tras la obtención de la información meteorológica, se definen el procedimiento a seguir para la asignación de las zonas climáticas.

Se describen dos casos para el desarrollo de la metodología, donde se tienen en cuenta los municipios para los que se dispone de información meteorológica y los que no. En el primero se utilizan las correlaciones definidas por el CTE denominadas Severidades Climáticas. Para el resto, se utiliza un procedimiento de interpolación que realiza una corrección con respecto a la distancia geográfica, la diferencia de altura y de latitud, mejorando así la que realiza el CTE, donde solo es preciso conocer la diferencia de altitud existente entre el municipio objeto de cálculo y su capital de provincia.

Se concluye que la metodología desarrollada posibilita el cálculo de la zonificación climática acorde con las Normativa Española sobre Eficiencia Energética en Edificios, consiguiendo una zonificación más precisa que las existentes.

Palabras clave: *Zonificación; Severidades; Climáticas; Extremadura*

1. Introducción

Actualmente la caracterización climática de la Comunidad Autónoma de Extremadura se realiza según el Documento Básico HE Ahorro de Energía, del CTE sección HE1 Limitación de demanda energética, que proporciona la tabla D.1.: "Determinación de las zonas climáticas a partir de valores tabulados" donde solo es preciso conocer la diferencia de altitud existente entre el municipio objeto de cálculo y su capital de provincia para obtener su zona climática. En muchos casos, los resultados así obtenidos no se corresponden con la realidad climatológica del municipio, ya que discriminan parámetros que tienen una influencia directa en la misma y que sí son considerados en el presente documento.

2. Objetivos

La finalidad de este documento es mejorar, ampliar y rectificar-en su caso- la información que describe el clima para cada uno de los 387 municipios de la Comunidad Autónoma de Extremadura

3. Metodología

En este artículo se propone en primer lugar, el procedimiento de generación de archivos climáticos de municipios con registros climáticos y en segundo lugar el proceso de obtención de las zonas climáticas para aquellos municipios de la Comunidad Autónoma de Extremadura que no dispongan de estos registros.

A continuación se muestran los pasos que se han seguido para la elaboración de este estudio.

3.1 Municipios con registros climáticos

3.1.1 Obtención de registros climáticos

Para la generación de las zonas climáticas, la información meteorológica analizada procede de los siguientes Organismos Oficiales:

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMet).
- Red de Asesoramiento al Regante (Redarex, Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía del Gobierno de Extremadura)

Tanto de AEMet como de Redarex se adquieren datos de Temperatura (°C) e Insolación (h).

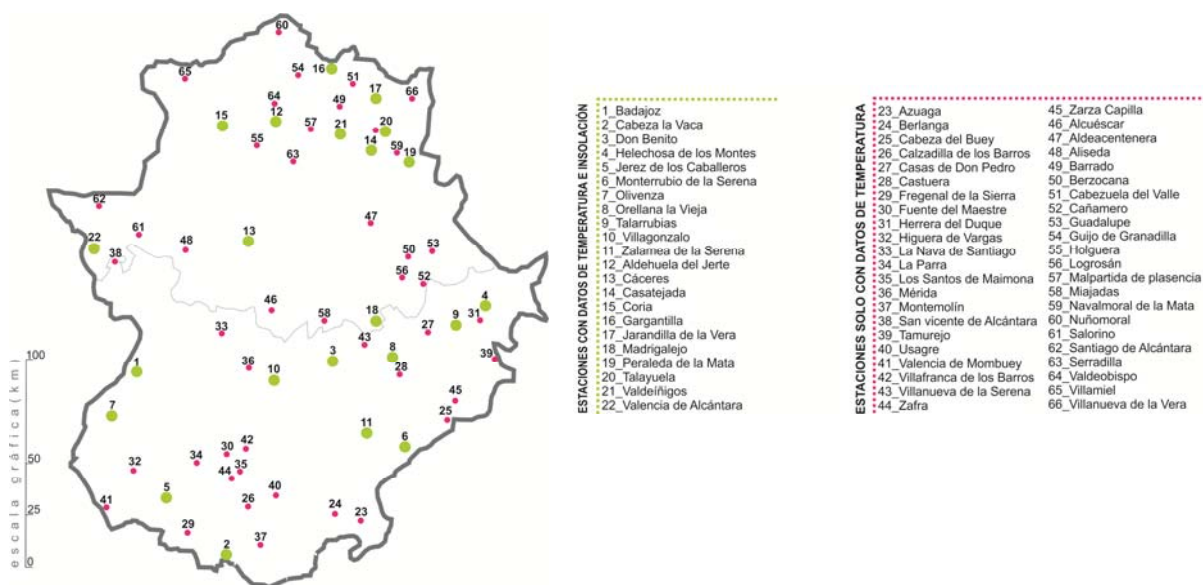
Se analizan un total de 66 municipios, de las cuales 22 disponen de datos de temperatura e insolación (perteneciendo 11 a la provincia de Badajoz y 11 a la provincia de Cáceres) y 44 con datos de temperatura (23 pertenecen a la provincia de Badajoz y 21 a la provincia de Cáceres).

3.1.2 Generación de archivos climáticos

En su selección han primado los criterios de calidad y fiabilidad de los datos, la longitud de las series y la localización geográfica de las mismas. La longitud mínima de las series ha sido de 10 años tanto de temperatura como de insolación, coincidentes en los mismos periodos temporales para cada municipio.

Se han generado una base de datos con registros climáticos de temperatura e insolación media diaria, respectivamente, desde 1976 hasta 2011.

Figura 1: Densidad de estaciones y localización en la comunidad Autónoma de Extremadura



3.1.2 Filtrado de valores

Se realiza un primer filtrado con objetivo de, eliminar aquellos datos que ese encuentren fuera del rango establecido en la fuente de información que darían lugar a modificaciones injustificadas de los valores medios

Se parte de un número de datos medidos diarios de varios meses y años, pudiendo existir varios datos de un mismo día pertenecientes a estaciones de medida distintas. No se discrimina entre diferentes estaciones, sino que para el cálculo del promedio mensual se utilizan todos los datos que estén disponibles.

Según la guía WMO nº8 (2008) cuando se dispone una muestra pequeña, la media de las muestras se ajusta a la distribución de Student siempre que los errores observacionales tengan una distribución gaussiana o cuasi-gaussiana. En esta situación, y para un nivel elegido de confianza los límites superiores e inferiores se calculan según las expresiones:

$$L_{sup} = T_{x,y} + t_{\alpha/2} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{x,y}}{\sqrt{n}} \quad (3.1)$$

$$L_{inf} = T_{x,y} - t_{\alpha/2} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{x,y}}{\sqrt{n}} \quad (3.2)$$

Dónde:

$\hat{\sigma}_{x,y}$: Desviación estándar del mes x del año y

$T_{x,y}$: Temperatura promedio mensual del mes x del año y

$t_{\alpha/2}$: Factor de la distribución de Student que depende del nivel de confianza (1- α) escogido y del grado de libertad de la distribución (número total de medidas-1)

n : Número de datos totales que se tienen

Sólo se considerarán como valores medidos válidos aquellos datos medidos que se encuentren dentro de los límites inferiores y superiores así calculados

3.1.3 Normalización de datos del periodo considerado

Una vez filtrados los valores mensuales para temperatura e insolación será necesario realizar una normalización de los mismos, debido a que en los programas de referencia para la calificación energética de edificios se dispone de años tipo para las capitales de provincia de España y en concreto para las dos capitales de provincia de Extremadura en el periodo 61-90 (Guía resumida del clima en España, 1990)

Dado que los datos disponibles de registros climáticos para los municipios de Extremadura no son suficientes como para la generación directa de sus correspondientes años tipo, se ha desarrollado una metodología capaz de generar lo que se ha llamado “años climáticos normalizados”, siendo éstos el conjunto de registros mensuales de variables climáticas (en este caso de temperatura e insolación) generados a partir del año tipo de la capital de provincia a la que pertenece.

Se define el año climático normalizado de un cierto municipio como el conjunto de registros de variables climáticas, como la temperatura e insolación, que se generan a partir del año tipo de la capital de provincia a la que pertenece.

- Cálculo de la desviación de temperatura e insolación para las capitales de provincia

Se comienza calculando el “incremento” de temperatura para un mes dado, que se define como la diferencia entre el valor de dicha variable en un año cualquiera y el valor correspondiente al año tipo de la capital de provincia.

Existirá por tanto un incremento para cada capital de provincia, mes y año para el que existan datos registrados según la ecuación:

$$\Delta T_{\text{año } x \text{ mes } y} = T_{\text{año } x \text{ mes } y} - T_{\text{Tabla capital provincia mes } y} \quad (3.3)$$

Siendo:

$T_{\text{año } x \text{ mes } y}$ = Temperatura media mensual del municipio con registros climáticos (°C)

$\Delta T_{\text{año } x \text{ mes } y}$ = Desviación de temperatura (de la capital de provincia) (°C)

Del mismo modo, el cociente de la insolación para un mes dado se define como la división entre el valor de la insolación mensual en un año cualquiera, y el valor correspondiente al año tipo de la capital de provincia, siendo una variable adimensional.

$$\Delta \left(\frac{n}{N} \right)_{\text{año } x \text{ mes } y} = \frac{\left(\frac{n}{N} \right)_{\text{año } x \text{ mes } y}}{\left(\frac{n}{N} \right)_{\text{Tabla capital provincia mes } y}} \quad (3.4)$$

Dónde:

$\left(\frac{n}{N} \right)_{\text{año } x \text{ mes } y}$ = Ratio de insolación mensual del municipio con registros climáticos.

$\Delta \left(\frac{n}{N} \right)_{\text{año } x \text{ mes } y}$ = Desviación de insolación mensual (de la capital de provincia)

- Cálculo de los datos normalizados

Una vez obtenida la desviación de temperatura e insolación para la capital de provincia, se establece la siguiente hipótesis de cálculo en la que *“se considera para cada municipio o estación meteorológica y cada una de las variables climáticas de las que contamos con registros climáticos, las mismas desviaciones que las calculadas según el apartado anterior para su correspondiente capital de provincia.”*

Partiendo de las expresiones que se generan en los pasos previos y de la hipótesis anterior, se establece el procedimiento de cálculo para el año climático normalizado de los municipios de Extremadura, para las que existen datos medidos, en cada una de las variables de estudio.

$$T_{normalizada\ mes\ y} = \sum_{año=1}^x \frac{T_{normalizada\ año\ x\ año\ y}}{n^o\ años} \quad (3.5)$$

$$(n/N)_{normalizada\ mes\ y} = \sum_{año=1}^x \frac{(n/N)_{normalizada\ año\ x\ año\ y}}{n^o\ años} \quad (3.6)$$

- Cálculo de los grados-día mensuales

El cálculo de los grados-día mensuales se hará según la norma *“UNE-EN ISO 15927-6 Comportamiento higrotérmico de edificios. Cálculo y presentación de datos climáticos. Parte 6: Diferencias acumuladas de temperatura (en grados por día)”*.

En esta norma se establece el procedimiento de cálculo de los grados-día (°C) de un cierto mes, a partir de la temperatura media mensual, su desviación tipo, y la temperatura base (20°C).

De este modo se obtienen los grados-día de invierno y verano para el año climático normalizado del municipio objeto de cálculo.

- Cálculo de la relación entre insolación mensual y la insolación mensual máxima teórica

Para el cálculo de las severidades climáticas de invierno según el procedimiento establecido por el Anexo III del documento *“Escala de Calificación Energética para Edificios de Nueva Construcción”* es necesario calcular la insolación teórica máxima para el día 15 de cada mes y para cada municipio, para ello se sigue la ecuación de Cooper (Cooper, P., 1969) con la cual se halla la declinación y a partir de esta y junto con la latitud, se calcula el ángulo horario necesario para obtener la insolación máxima teórica en horas.

$$N|_{día15} = 24 \cdot \frac{\cos[-\tan(latitud) \cdot \tan(declinación|_{15,mes})]}{\pi} \quad (3.7)$$

Siendo:

$declinación|_{15,mes}$: La declinación para el día 15 de cada mes (°)

- Generación de las zonas climáticas

Para concluir con la zonificación climática del municipio, es necesario obtener sus severidades climáticas, siguiendo el procedimiento establecido por el Anexo III del documento “Escala de Calificación Energética para Edificios de Nueva Construcción”

$$SCI = a \cdot GD + b \cdot \frac{n}{N} + c \cdot GD^2 + d \cdot \left(\frac{n}{N}\right)^2 + e \quad (3.8)$$

$$SCV = a \cdot GD + b \cdot GD^2 + c \quad (3.9)$$

Siendo:

SCI, SCV: Severidad climática de invierno y verano respectivamente

Coefficientes a, b, c d y e: establecidos en el apartado D.2. del apéndice D del CTE DB-HE1

GD, grados-día

n/N, el ratio entre el número de horas de sol y el número de horas de sol máximas.

3.2 Municipios sin registros climáticos

Cuando el municipio para el que se requiere su zonificación climática no dispone de registros climáticos, o éstos no cumplen con los requisitos de calidad de los datos (medidos según la Guía WMO nº8,) o con la serie mínima de datos (10 años según el documento “Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a Calener y LIDER” (IDAE, 2008), habrá que recurrir al siguiente procedimiento de interpolación a partir de municipios cercanos que sí cuenten con estos datos.

- Determinar los municipios de referencia (son los 66 municipios con registros climáticos)
- Establecer la latitud, longitud, altitud y coordenadas UTM, para el municipio de cálculo (municipios sin registros climáticos)
- Interpolación de Insolación y Grados-Día.
- Obtención de la Zona Climática

3.2.1 Metodología interpolación grados-día e insolación

La metodología está basada en el método de interpolación de la inversa del cuadrado de la distancia o método gravitatorio de Shepard (Shepard, D, 1968), que a su vez utiliza el desarrollado por Zelenka et al. (Zelenka, 1992), realizando las siguientes penalizaciones:

- Penalización debida a la diferencia de altura
- Penalización por la distancia Norte-Sur o latitud calculada por Wald and Lefèvre (Wald, L. and M. Lefevre ,2001)

Este método asume que cada punto en el conjunto de datos, tiene una influencia local que disminuye con la distancia y que por lo tanto los valores de los puntos cercanos al que se estudia tienen mayor peso en el valor que será asignado al mismo.

- Penalización por diferencia de altura

El cálculo de la distancia geográfica (d) entre dos municipios se realiza mediante la siguiente expresión:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (3.10)$$

Dónde:

x,y : coordenadas UTM de la localidad (km.)

z: la altitud de la localidad (km.)

Para los objetivos del cálculo de interpolación de la insolación y la temperatura, se propone una primera modificación de la distancia entre dos municipios haciendo una corrección según la diferencia en la altitud entre las dos.

Será de aplicación la hipótesis desarrollada por Zelenka et al. que expone que “50 kilómetros de distancia horizontal son equivalentes a 100 m en la altitud para el cálculo de insolación, mientras para el cálculo de temperatura (grados día) es considerado que 10 kilómetros de distancia horizontal son equivalentes a 100 m en la altitud.”

La expresión (3.10) queda modificada de la siguiente manera:

$$d = \sqrt{(d_{hor})^2 + [(z_1 - z_2)]^2} \quad (3.11)$$

Siendo la distancia horizontal:

$$d_{hor} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.12)$$

Con la fórmula para el cálculo de la distancia (d) y la hipótesis precedente, la diferencia de la altitud es multiplicada por un factor de corrección (v) con un valor de 500 para la insolación y 100 para la temperatura.

El factor de corrección es presentado en la expresión (3.13) para obtener la distancia efectiva (d_{ef}):

$$d_{ef} = \sqrt{(d_{hor})^2 + [v \cdot (z_1 - z_2)]^2} \quad (3.13)$$

- Penalización por diferencia de latitud

Posteriormente en el cálculo de la distancia entre dos municipios se realiza una corrección según la diferencia en la distancia norte - sur (latitud) llamada (F_{NS}), la cual viene definida por Wald y Lefèvre:

$$d_{ef}^* = F_{NS} \cdot d_{ef} \quad (3.14)$$

Dónde:

$$F_{NS} = 1 + 0.3 \cdot |\phi_2 - \phi_1| \cdot \left[1 + \frac{(\sin \phi_2 + \sin \phi_1)}{2} \right] \quad (3.15)$$

Siendo ϕ : la latitud expresada en grados

En consecuencia la distancia efectiva (Km) es:

$$d_{ef}^* = \sqrt{F_{NS}^2 \cdot [d_{hor}^2 + (v \cdot (z_1 - z_2))^2]} \quad (3.16)$$

3.2.2 Selección de municipios para la interpolación

Para los objetivos de la interpolación, los municipios de referencia son los 66 municipios de los que disponemos de registros climáticos. La influencia que cada municipio con registro climático tiene sobre el municipio a calcular, se determina mediante un factor de peso, el cual está en función de una penalización con respecto a la distancia geográfica, la diferencia de altura y la diferencia de latitud

$$w_i = \frac{\frac{1}{(d_{efi}^*)^2}}{\sum_{j=1}^{j=m} \frac{1}{(d_{efj}^*)^2}} \quad (3.17)$$

3.2.3 Procedimiento de interpolación

El procedimiento de interpolación está basado en el método de la inversa de la distancia desarrollado por Shepard.

Las expresiones para el cálculo de la insolación y grados día para municipios sin registros climáticos son las siguientes:

Para insolación de invierno y verano:

$$n_{inv} = \sum_{i=1}^{i=m} w_i \cdot n_{inv_i} \quad (3.18)$$

$$n_{ver} = \sum_{i=1}^{i=m} w_i \cdot n_{ver_i} \quad (3.19)$$

Para Grados-día de invierno y verano:

$$GD_{inv} = \sum_{i=1}^{i=m} w_i \cdot GD_{inv_i} \quad (3.20)$$

$$GD_{ver} = \sum_{i=1}^{i=m} w_i \cdot GD_{ver_i} \quad (3.21)$$

Para todos los casos:

$$\sum_{i=1}^{i=n} w_i = 1 \quad (3.22)$$

Siendo:

w_i : factor de ponderación del municipio de referencia "i"

n_{ver} : insolación acumulada durante el verano

n_{inv} : insolación acumulada durante el invierno

GD_{ver} : grados-día verano

GD_{inv} : grados-día invierno

m : municipios de referencia para la interpolación

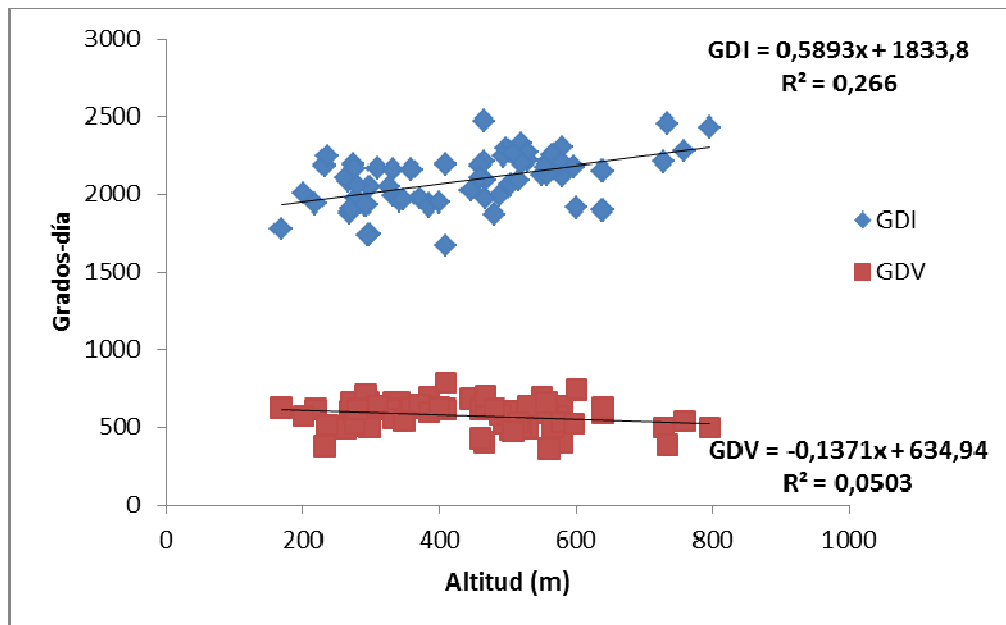
Finalmente, es necesario aplicar una corrección a los grados-día calculados, debido al hecho que la altitud del municipio a calcular no necesariamente tiene que coincidir con la altitud promediada de los municipios utilizados en la interpolación.

Para ello se calcula la diferencia de altura que existe entre la altura real del municipio de cálculo y de la altura promedio de los municipios utilizados en la interpolación. La altura promedio se calcula siguiendo un procedimiento análogo al de los grados día promedio, con sus mismos factores de peso.

$$h = \sum_{i=1}^{i=m} w_i \cdot h_i \quad (3.23)$$

Antes de realizar esta corrección es necesario obtener la dependencia los grados-día en función de la altura, debido a que el peso de la altitud del relieve es importante. Para ver esta dependencia, se han representado gráficamente los grados días de los 66 municipios con registros climáticos frente a la altura, obteniendo una línea de tendencia. Ver figura 2.

Figura 2: Dispersión de los GD de los 66 municipios con registros climáticos de Extremadura



De la correlación de grados-día frente a la altitud, se observa que para el invierno, ambas variables tienen mayor dependencia que para el verano. Esto se justifica debido a que conforme aumenta la altitud también lo hacen los grados-día de invierno puesto que la temperatura es cada vez más baja y en el cálculo para temperaturas inferiores a la temperatura base (20°) se contabilizan la mayoría de los días. Sin embargo para el verano no existe una gran relación de dependencia de las dos variables, debido a que con la altitud aumentan el número de días con temperaturas inferiores a 20°C no siendo por lo tanto tenidos en cuenta en el cálculo de los grados-día.

Finalmente los grados día de invierno y de verano se calculan según las siguientes expresiones:

$$GD_{inv}^* = GD_{inv} + (H - h) \cdot \frac{58.93}{100} \quad (3.24)$$

$$GD_{ver}^* = GD_{ver} - (H - h) \cdot \frac{13.71}{100} \quad (3.25)$$

Donde “H” es la altura del municipio a calcular y “h” la altura promediada de los municipios utilizados en la interpolación.

3.2.5 Generación de las zonas climáticas

Con los grados-día de invierno y verano corregidos así como con las insolaciones tanto de invierno y verano tal y como se acaba de calcular obtenemos el ratio de insolación.

$$\frac{n}{N}_{inv} = \frac{\sum_{inv} n_{mes i}}{\sum_{inv} N_{mes i}} \quad (3.26)$$

$$\frac{n}{N}_{ver} = \frac{\sum_{ver} n_{mes i}}{\sum_{ver} N_{mes i}} \quad (3.27)$$

A partir de estos se obtienen las Severidades Climáticas tanto de invierno como de verano según las correlaciones establecidas por el Anexo III del documento “Escala de Calificación Energética para Edificios de Nueva Construcción”

4. Resultados

La combinación de los procedimientos expuestos (para municipios con o sin registros climáticos), permiten la obtención de la zona climática para los 387 municipios de la Comunidad Autónoma de Extremadura. Los resultados obtenidos son los que se muestran en las figuras 3,4 y 5:

Figura 3: Zonificación climática de Extremadura

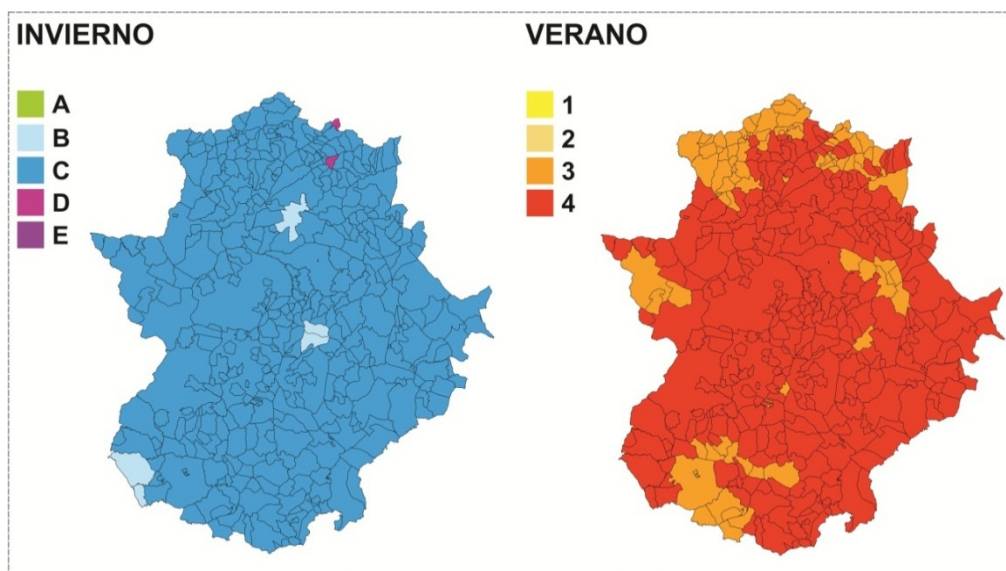


Figura 4: Mapa comparativo zonificación climática.

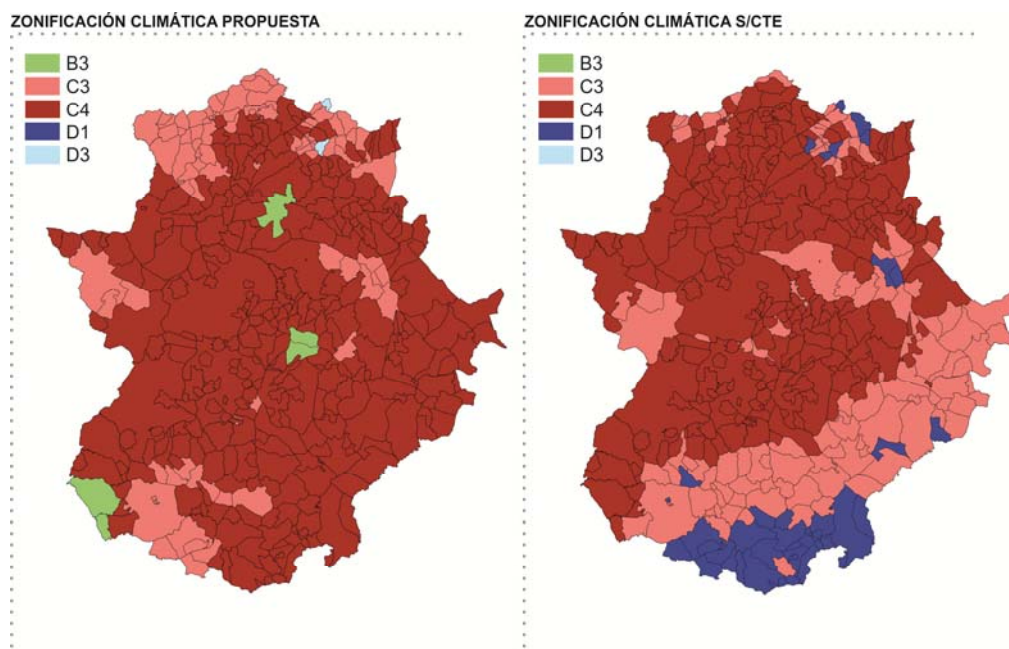
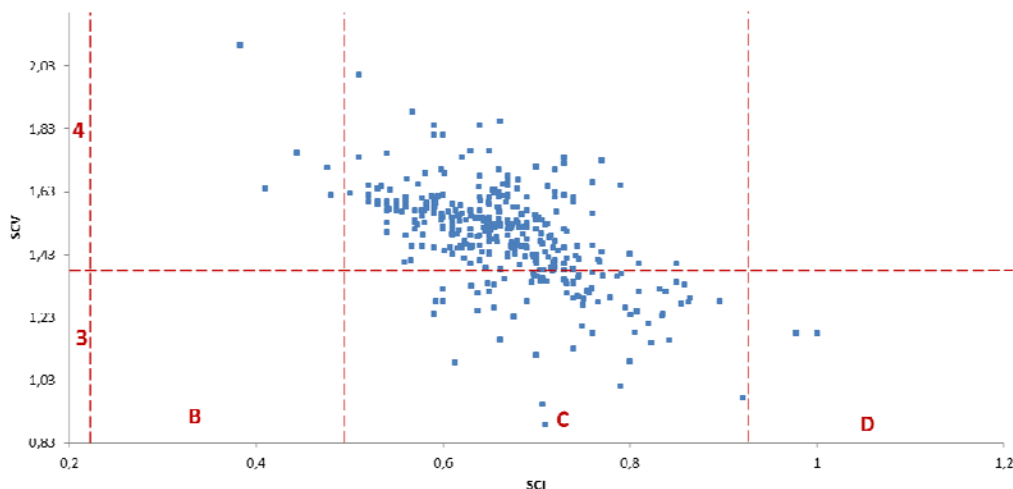


Figura 5: Dispersión de las severidades climáticas.



5. Conclusiones

La metodología desarrollada en este trabajo posibilita el cálculo de la zonificación climática de cualquier municipio acorde con las Normativa Española sobre Eficiencia Energética en Edificios, consiguiendo una zonificación más detallada que las existentes anteriormente.

En la figura 4, se hacen patentes las diferencias entre la zonificación climática que establece el CTE, y las calculadas según este procedimiento.

A modo de ejemplo, para el cálculo de la localidad de Salvatierra de los Barros, desarrollado según el apartado “3.2.-Caso B: Municipios sin registros climáticos” del presente documento, el CTE DB-HE1 en su apéndice “D.1 Determinación de la zona climática a partir de valores tabulados”, determina lo siguiente:

“La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se obtiene de la tabla D.1 en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia”

La altitud de Salvatierra de los Barros es de 619 m y la de su capital, Badajoz 168 m, existiendo una diferencia de altitud de 451 m, correspondiéndole según el citado documento la zona climática D1.

Sin embargo, mediante el método de interpolación realizado, en el cuál se disponían de suficientes registros de municipios cercanos a el municipio objeto de cálculo, se obtiene una zonificación climática de C3, resultando por tanto sus niveles de demanda más acordes a la realidad climática de la misma, ya que una zona climática D1 correspondería a municipios como Lugo, Palencia, Pamplona o Vitoria, lugares que no se asemejan a la climatología del municipio

Se concluye por tanto que para aquellos municipios de los que no se dispone de datos, el procedimiento de interpolación basado en la distancia efectiva, que tiene en cuenta la distancia geodésica entre el municipio objeto de cálculo y los municipios de referencia, la diferencia de altitud y de latitud, ha demostrado que todos estos factores tienen influencia en el resultado final obtenido.

La homogeneidad de la geografía extremeña queda reflejada en la poca variedad de zonas climáticas presentes en Extremadura. En la figura 5, se representan las severidades climáticas de invierno frente a las de verano, observando que de los 387 municipios, 299 pertenecen a la zona C4, 81 a la C3, quedando únicamente 5 en B4 y 2 en D3, correspondiéndose estos últimos con los lugares de mayores altitudes.

6. Referencias

- AENOR: Norma UNE-EN ISO 15927-6 Comportamiento higrotérmico de edificios. Cálculo y presentación de datos climáticos. Parte 6: Diferencias acumuladas de temperatura (en grados por día).
- Cooper, P. (1969), The absorption of solar radiation in solar stills, *Solar Energy*, 12, 3
- España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, 28 de marzo de 2006, núm. 74, pp. 11816-11831.
- Guía resumida del clima en España, 1961-1990. [Madrid]: Centro de Publicaciones, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 19954.
- Guide to meteorological instruments and methods of observation. World Meteorological Organization, 2008. Seventh edition.
- IDAE Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía: Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Calificación de Eficiencia Energética de Edificios.
- Sanchez de la Flor, F.J., Alvarez S., Molina J.L., Falcon R., Climatic Zoning and its Application to Spanish Building Energy Performance Regulations. *Energy and Buildings*, Volume 40, Issue 10, 2008, Pages 1984-1990.
- Shepard D (1968) A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings ACM National Conference* 1968, pp. 517-524.
- Wald, L. and M. Lefevre (2001): Interpolation schemes - Profile Method (a process-based distance for interpolation schemes). SoDa Deliverable D5-1-1. Internal document.
- Zelenka, A., G. Czeplak., V. D'Agostino, J. Weine., E. Maxwell., R. Perez, M. Noia, C. Ratto and R. Festa (1992): Techniques for supplementing solar radiation network data, Volume 1-3. IEA Report No.IEASHCP-9D-1.