

D1. Segmentación del actual parque de edificios de oficinas

Número de documento	D1
Título del documento	Segmentación del actual parque de edificios de oficinas
Versión	1.0
Estado	Final
Tarea	T1. Segmentación del actual parque de edificios de oficinas de acuerdo con sus características constructivas y su comportamiento energético
Tipo de entregable	Informe
Fecha de entrega	28/04/2017
Autores	Dra. Marta Gangoells y Dr. Miquel Casals
Colaboradores	Ana Rubio
Palabras clave	Oficinas, tipologías de referencia
Nivel de diseminación	Público

Resumen ejecutivo

Este informe representa el hito número 1 del proyecto de investigación *EOFF - Soluciones individualizadas ambientalmente y económicamente sostenibles para la rehabilitación energética del parque de edificios de oficinas* (BIA2016-75382-R), financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad a través Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad. El objetivo general del este proyecto es el desarrollo de un modelo integrado para la determinación de la solución óptima de rehabilitación energética del parque de edificios de oficinas, teniendo en cuenta las repercusiones energéticas, económicas y ambientales asociadas a diferentes medidas de mejora y particularizadas a las características del edificio objeto de análisis. Este informe describe el resultado de los trabajos realizados en el marco de la *Tarea 1 - Segmentación del actual parque de edificios de oficinas de acuerdo con sus características constructivas y su comportamiento energético*. Las tipologías edificatorias de referencia identificadas permitirán seleccionar los casos de estudio dentro de la base de datos de certificados energéticos de ICAEN que se utilizarán para evaluar energéticamente (tarea 3), económicamente (tarea 4) y ambientalmente (tarea 5) las medidas de rehabilitación energética identificadas en la tarea 2.

Tabla de contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. CARACTERIZACIÓN DE LAS OFICINAS CONSTRUIDAS	7
2.1 CARACTERIZACIÓN CONSTRUCTIVA	7
2.2 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA	8
2.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE REFERENCIA	10
3. METODOLOGÍA	12
3.1 TRANSFORMACIÓN Y DEPURACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	14
3.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES	15
3.3 ESTUDIO DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES.....	15
4. RESULTADOS.....	17
4.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	17
4.2 ESTUDIO DE CORRELACIÓN	28
5. PROPUESTA DE SEGMENTACIÓN DEL PARQUE DE OFICINAS	31
6. CONCLUSIONES.....	38
7. REFERENCIAS.....	38

Figuras

Figura 1. Número de oficinas construidas en España según el periodo.	8
Figura 2. Distribución del consumo energético medio en las oficinas de España (2008).	9
Figura 3. Demanda energética anual [kWh/m ²] de calefacción (izquierda) y refrigeración (derecha) en los edificios de oficinas de diferentes países de la Unión Europea.	10
Figura 4. Correlación entre los grados día de calefacción y la demanda energética anual de calefacción [kWh/m ²] para los edificios de oficinas en España.	10
Figura 5. Métodos para la determinación de los edificios de referencia según la Directiva 2002/91/CE.	11
Figura 6. Superficie de las oficinas certificadas.	18
Figura 7. Periodo de construcción de las oficinas certificadas.	19
Figura 8. Zona climática de las oficinas certificadas.	19
Figura 9. Calificación energética de las oficinas certificadas.	20
Figura 10. Consumo energético de las oficinas certificadas.	21
Figura 11. Calificación en la demanda parcial de calefacción y refrigeración de las oficinas certificadas.	22
Figura 12. Fuentes energéticas de refrigeración, calefacción y ACS en las oficinas certificadas.	22
Figura 13. Tipo de sistema de calefacción y refrigeración en las oficinas certificadas.	23
Figura 14. Calificación energética de las oficinas certificadas en función del período de construcción.	24
Figura 15. Consumo energético medio de las oficinas certificadas en función de la zona climática y del período de construcción.	25
Figura 16. Consumo energético medio parcial de las oficinas certificadas.	26
Figura 17. Consumo energético medio parcial de las oficinas certificadas en función de la zona climática.	26
Figura 18. Consumo energético medio parcial de las oficinas certificadas en función del año de construcción.	27
Figura 19. Histograma de distribución de la variable de consumo energético (kWh _p /m ² ·año).	29

Tablas

Tabla 1. Existencia o no de algún sistema de energía renovable en el edificio, en porcentaje.	23
Tabla 2. Consumo energético parcial en función del combustible, expresado en kWh _s /m ² ·año.	27
Tabla 3. Frecuencias de distribución y descriptivas de la variable de consumo energético (kWh _p /m ² ·año).	28
Tabla 4. Test de Kolmogorov-Smirnov de la variable de consumo energético.	28
Tabla 5. Correlación de Rho de Spearman entre las variables de análisis y el consumo energético (kWh _p /m ² ·año).	30
Tabla 6. Número de certificados energéticos de oficinas según la zona climática.	32
Tabla 7. Número de certificados energéticos de oficinas según la fuente energética utilizada para la calefacción.	32
Tabla 8. Propuesta de segmentación del parque de oficinas para la zona climática C2.	34
Tabla 9. Propuesta de segmentación del parque de oficinas para la zona climática D2.	36
Tabla 10. Propuesta de segmentación del parque de oficinas para la zona climática B3.	38



EOFF

*Soluciones individualizadas
ambientalmente y económicamente sostenibles
para la rehabilitación energética
del parque de edificios de oficinas*

D1. Segmentación del actual parque de edificios de oficinas

Glosario y abreviaciones

ACS	Agua Caliente Sanitaria
CO ₂	Dióxido de Carbono
HULC	Herramienta Unificada Lider Calener

1. Introducción

El objetivo de este documento es caracterizar constructivamente y energéticamente el actual parque de edificios de oficinas e identificar las principales tipologías de referencia de acuerdo con los resultados del análisis estadístico de los certificados energéticos de oficinas emitidos desde la entrada en vigor del Real Decreto 235/2013 (España, 2013) e incluidos en el Registro de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios de Cataluña, gestionado por el ICAEN (Institut Català de l'Energia).

2. Caracterización de las oficinas construidas

Las oficinas pueden definirse como un tipo de espacio comercial, la función principal del cual es proporcionar un lugar de trabajo a aquellos que se dedican a tareas administrativas o de gestión. Las oficinas pueden tener diferentes formas de organización y distribución del espacio, dependiendo tanto de la cantidad de trabajadores que alberguen, como de la función de cada uno de ellos.

2.1 Caracterización constructiva

La Unión Europea cuenta actualmente con 2.950.000 de edificios de oficinas construidos, que representan un 23,4% del total de edificios no residenciales y un 1,16% del total de edificios existentes (Comisión Europea, 2017). Un 69,3% de las oficinas son privadas y el 30,7% restante son públicas, ocupando las primeras un total de 1.333,75 millones de metros cuadrados (71%), y las segundas 544,97 millones de metros cuadrados (29%) (Comisión Europea, 2017).

En España y según datos de la Dirección General del Catastro (2017), hay 289.957 edificios de oficinas construidos, que representan el 7,8% del total de edificios no residenciales construidos en España y ocupan una superficie de más de 97 millones de metros cuadrados, correspondiente al 28% de la superficie total de estos edificios no residenciales. En este contexto y según datos de la Comisión Europea (2017), el 20,25% de estas oficinas son de uso privado (57.370 oficinas ocupando 19.680.000 m²), y el 79,75% restante son de uso público (225.980 oficinas ocupando 77.540.000 m²).

La mayoría de estas oficinas fueron construidas a partir de la década de los 60. Tal y como se puede observar en la Figura 1, el 41% de estos edificios se construyeron antes del año 1980, bajo ningún tipo de normativa, y por lo tanto sus envolventes no cumplen ningún requisito de aislamiento térmico.



Figura 1. Número de oficinas construidas en España según el periodo.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del Ministerio de Fomento (2014).

2.2 Caracterización energética

En España y según datos del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (2011), el consumo energético del sector servicios, que incluye el comercio, los hoteles, los hospitales y las oficinas, representa el 9,3% del consumo energético global y presenta una tendencia a la alza año tras año.

Según datos del Ministerio de Fomento (2014), los más de 235.000 edificios destinados a oficinas en España tienen un consumo energético de 23,250 MWh. Esta cifra se explica en parte por el crecimiento del sector servicios en los últimos años, sobre todo en las actividades administrativas, financieras y de consultoría. Además, la evolución de los métodos de trabajo y los estándares de confort han favorecido el aumento de la intensidad energética de los edificios de oficinas. Las oficinas tienden a incluir cada vez más equipos consumidores de energía como ordenadores, centros de procesamiento de datos, impresoras, escáneres y fotocopiadoras. Además, se demanda un mayor grado de confort, lo que se traduce en un mayor gasto energético en climatización, ventilación e iluminación.

El 40% de su consumo energético de las oficinas se debe a iluminación y equipos (Figura 2). Este consumo se ve influido por factores como el nivel de eficiencia energética de los equipos y los hábitos de consumo de los usuarios (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008). En segundo y tercer lugar, el 30% del consumo es debido a la calefacción y el 25% a refrigeración, siendo las características constructivas del edificio un factor muy decisivo.

Distribución del consumo energético medio en las oficinas de España (2008)

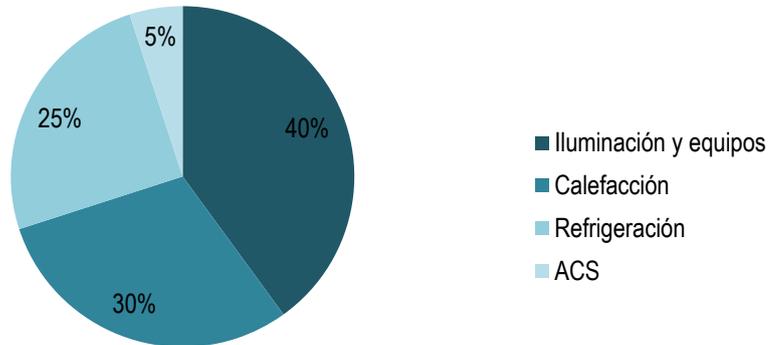


Figura 2. Distribución del consumo energético medio en las oficinas de España (2008).

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008).

Los parámetros climáticos vinculados a la ubicación del edificio influyen también de forma importante en su consumo energético, especialmente los grados día por estar estrechamente vinculados con las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración (Moreci et al., 2016). La Figura 3 permite apreciar una relación directamente proporcional entre la demanda anual de calefacción y los grados día de calefacción para los edificios de oficinas de diferentes países de la Unión Europea. Asumiendo que la demanda de refrigeración puede estimarse a partir del consumo de electricidad (el consumo de electricidad en equipos informáticos e iluminación se considera constante durante todo el año y similar en los países analizados), la Figura 3 permite observar una relación directamente proporcional entre la demanda anual de refrigeración y los grados día de refrigeración. En este sentido es de destacar que Moreci et al. (2016) identificaron una correlación lineal entre los grados día de calefacción y la demanda energética anual de calefacción para los edificios de oficinas españoles (Figura 4).

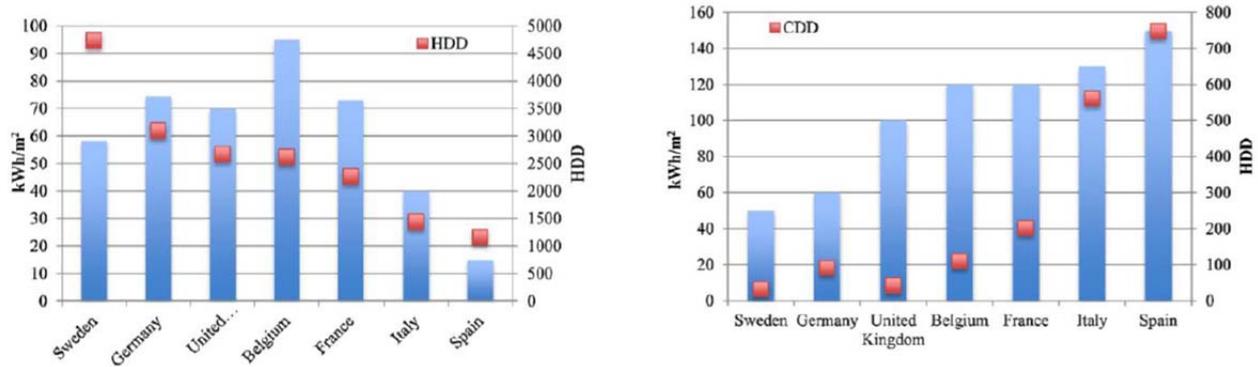


Figura 3. Demanda energética anual [kWh/m²] de calefacción (izquierda) y refrigeración (derecha) en los edificios de oficinas de diferentes países de la Unión Europea.

Fuente: Moreci et al. (2016).

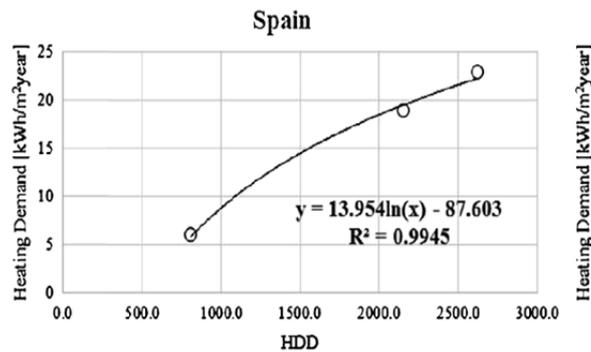


Figura 4. Correlación entre los grados día de calefacción y la demanda energética anual de calefacción [kWh/m²] para los edificios de oficinas en España.

Fuente: Moreci et al. (2016).

2.3 Identificación de los edificios de referencia

El estudio de la mejora de la eficiencia energética de los edificios construidos requiere habitualmente la identificación de edificios de referencia que recojan las características representativas de cada segmento (Comisión Europea, 2009; Cognati et al., 2013) y que representen, de la forma más precisa posible, el parque nacional de edificios. Los edificios de referencia permiten determinar el ahorro energético que las diferentes medidas proporcionan en cada caso (Ballarini et al., 2014).

La Directiva Europea 31/2010 pide a los estados miembros que identifiquen edificios de referencia que sean estadísticamente representativos y que, para cada uno ellos, se definan los requerimientos para la mejora de la eficiencia energética y los consiguientes niveles de coste óptimos (Cappelletti et al., 2013). Según la Directiva Europea 2002/91/CE sobre eficiencia energética en los edificios, la definición de los edificios de referencia puede hacerse a través de tres métodos (Figura 5):

- Creación de un edificio de referencia ejemplo: este método se utiliza cuando no hay datos estadísticos disponibles, y por lo tanto, parte de las suposiciones, la experiencia y las teorías sustentadas por los expertos en el tema.
- Selección de un edificio de referencia real: a partir de un análisis estadístico, se determinan diferentes segmentos diferenciados del parque de oficinas, y posteriormente se escoge un edificio típico para cada categoría, de entre los analizados. Para utilizar este método, es imprescindible disponer de una gran cantidad de información del parque de edificios a analizar.
- Creación de un edificio teórico: de la misma forma que el método anterior, se determinan los diferentes segmentos a partir de un análisis estadístico. La diferencia en este método es que no se escoge un caso real como edificio de referencia, sino que los edificios de referencia se determinan teniendo en cuenta los materiales, las instalaciones y los sistemas constructivos más comunes para cada segmento. De igual forma que para el método anterior, es imprescindible disponer de una gran cantidad de información del parque de edificios en cuestión.

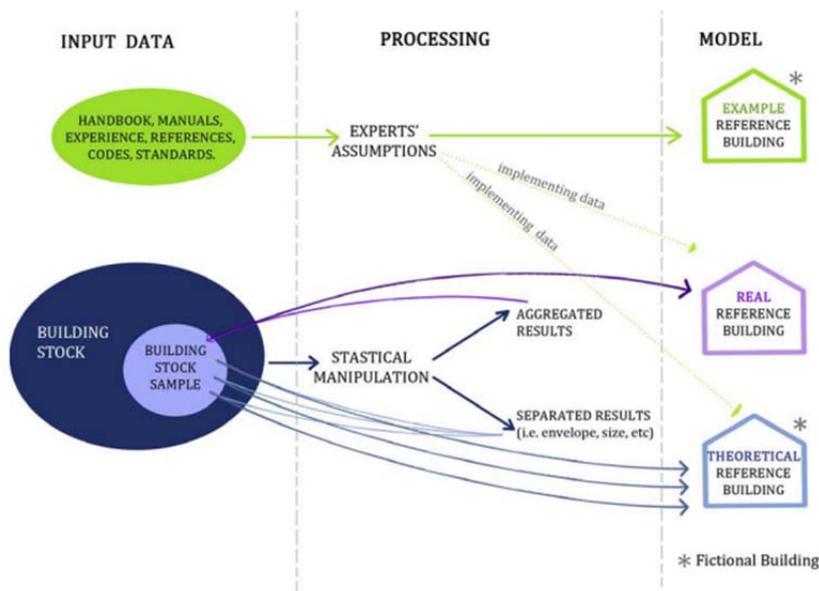


Figura 5. Métodos para la determinación de los edificios de referencia según la Directiva 2002/91/CE.

Fuente: Corgnati et al. (2013).

Este proyecto identificará los edificios de referencia a partir del análisis estadístico de la base de datos del ICAEN que incluye todos los certificados energéticos de oficinas emitidos en Cataluña desde la promulgación del Real Decreto 235/2013 (España, 2013) hasta la actualidad (marzo 2017), que ascienden a un total de 11.293 casos. Posteriormente y para cada uno de los segmentos identificados, se selecciona, de entre todos los casos incluidos en la base de datos, un certificado energético de una oficina que responda a las características del segmento en cuestión. En caso de no encontrar un certificado energético real que responda a las características de alguno de los segmentos identificados, se optará por crear un caso teórico partiendo de un certificado energético existente en la base de datos y modificando aquellas características que correspondan.

3. Metodología

La metodología utilizada en esta tarea para la caracterización del parque de oficinas y su posterior segmentación en tipologías de referencia se centra en el análisis de la base de datos de certificados energéticos proporcionada por el ICAEN.

Debido a condicionantes técnicos derivados de los robots de extracción de los datos de los certificados, ICAEN dispone de dos bases de datos en formato Excel. La primera base de datos contiene 11.834 certificados energéticos de oficinas y cada certificado incluye la siguiente información:

- Motivo de certificación
- Titulación del técnico certificador
- Configuración
- Tipo de propiedad
- Superficie
- Software certificador utilizado
- Año de construcción
- Provincia
- Localidad
- Tipo de aperturas
- Existencia o no de aislamiento
- Calificación en términos de consumo energético

- Consumo energético
- Calificación en términos de emisiones de CO₂
- Emisiones de CO₂
- Demandas parciales de calefacción y refrigeración
- Fuentes energéticas de la calefacción, la refrigeración y el Agua Caliente Sanitaria (ACS)
- Tipo de sistema de calefacción y refrigeración
- Contribución energética mediante energía solar térmica
- Contribución energética mediante energía solar fotovoltaica
- Contribución energética mediante energía geotérmica
- Contribución energética mediante biomasa
- Contribución del sistema de energía solar térmica a la producción de ACS

La segunda base de datos contiene una parte de estos certificados (en concreto 7.840 de los 11.834 totales) y dispone de la siguiente información:

- Consumo parcial de energía primaria destinado a calefacción
- Consumo parcial de energía primaria destinado a refrigeración
- Consumo parcial de energía primaria destinado a la producción de ACS
- Consumo parcial de energía primaria destinado a iluminación
- Consumo parcial de energía secundaria destinado a calefacción, desglosado según los diferentes combustibles utilizados
- Consumo parcial de energía secundaria destinado a refrigeración, desglosado según los diferentes combustibles utilizados
- Consumo parcial de energía secundaria destinado a la producción de ACS, desglosado según los diferentes combustibles utilizados
- Consumo parcial de energía secundaria destinado a iluminación, desglosado según los diferentes combustibles utilizados

El consumo de energía parcial no está disponible en todos los certificados energéticos porque en el formulario de introducción de los certificados en la base de datos del ICAEN estos campos no son obligatorios. Esta información se incluye en el certificado energético generado, que se debe adjuntar al formulario, pero por motivos de privacidad, el ICAEN no puede hacer públicos estos documentos.

La metodología adoptada en este estudio se puede dividir en cinco etapas diferenciadas:

- Transformación de la base de datos de formato Excel a SPSS y depuración con el fin de eliminar valores anómalos.
- Análisis descriptivo de los datos utilizando el software informático SPSS.
- Estudio de correlación de las variables de la base de datos analizada, para determinar la influencia de éstas sobre el consumo energético de cada edificio.
- Propuesta de segmentación del parque de oficinas.

3.1 Transformación y depuración de la base de datos

Las bases de datos disponibles, procedente del ICAEN (Institut Català de l'Energia), se encuentra inicialmente en formato Excel. Como se ha mencionado anteriormente, existen dos documentos, los cuales recopilan información sobre una serie de certificados de eficiencia energética.

En primer lugar se han exportado desde Excel a formato SPSS las dos bases de datos proporcionadas por el ICAEN. A continuación se ha relacionado la base que incluye los consumos parciales con la base de datos que contiene el resto de información, para así poder analizar estos consumos teniendo en cuenta las demás variables a través del número de referencia de cada caso, que es común para las dos bases de datos.

En segundo lugar, se ha determinado para cada caso la zona climática a partir de la variable que indica la localidad del edificio certificado.

En tercer lugar y con el objetivo de depurar la base de datos, se han considerado como no válidos los certificados que incluían valores anómalos en las diferentes variables que componen cada uno. Las consideraciones tomadas en cuenta para la depuración han sido:

- Superficie de las oficinas: se han considerado como no válidos los certificados con menos de 10 m² y con más de 2.000 m².
- Consumo energético: se han eliminado los certificados con un consumo energético mayor a 700 kWh_p/m²·año.
- Emisiones de CO₂: se han suprimido los certificados con emisiones mayores a 500 kg de CO₂/m²·año.

Por último y dado que cada técnico certificador puede designar de forma diferente un mismo resultado, también ha sido necesario unificar algunos valores de las distintas variables. Es el caso, por ejemplo, de las variables referentes a los diferentes tipos de combustibles, que algunos técnicos habían escrito en castellano y otros en catalán.

3.2 Análisis descriptivo de las variables

Este análisis consiste, básicamente, en un estudio de frecuencias de los valores de las distintas variables, primero teniendo en cuenta cada variable por separado, y posteriormente buscando posibles relaciones de las variables entre ellas. Para realizar este análisis descriptivo y tratar las diferentes variables mediante el software SPSS, ha sido necesario realizar cambios en algunas de ellas, generando las siguientes variables auxiliares a partir de las ya existentes:

- Variable de rangos de superficie: 10- 50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1.000 y 1.000-2.000 m².
- Variable de rangos de consumo energético: 0-50, 50-100, 100-200, 200-300, 300-400, 400-500, 500-600 y 600-700 kWh_p/m²·año.
- Variable de rangos de emisiones de CO₂: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-100, 100-200, 200-300, 300-400 y 400-500 kg de CO₂/m²·año.
- Variable de rangos de contribución del sistema de energía solar térmica a la producción de ACS (Agua Caliente Sanitaria): 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90%-100%.

3.3 Estudio de correlación de las variables

El estudio de correlación tiene como función determinar qué variables son significativas sobre el consumo energético (expresado en kWh_p/m²·año). El primer paso a realizar es comprobar si la variable correspondiente al consumo energético sigue una distribución normal o no, mediante diversos parámetros estadísticos (Skewness, Curtosis y test de Kolmogorov-Smirnov). Para ello se utiliza, de nuevo, el programa informático SPSS.

Se ha determinado que esta variable no cumple con la normalidad, y por lo tanto el segundo paso es realizar pruebas estadísticas no paramétricas entre la variable de estudio (consumo energético) y todas las demás que puedan influir sobre ella. Si, de forma contraria, la distribución de la variable del consumo energético hubiera resultado como normal, las pruebas estadísticas requeridas hubieran sido paramétricas.

La prueba no paramétrica que más se ajusta a la tipología de los datos tratados es la rho de Spearman. Con esta prueba se pretende encontrar qué variables son significativas respecto al consumo energético. Esta correlación se ha realizado, mediante el software SPSS, entre las variables siguientes:

- Consumo energético
- Configuración
- Propiedad
- Superficie

- Año de construcción
- Zona climática
- Provincia
- Tipo de aperturas
- Existencia o no de aislamiento
- Contribución de energía solar térmica
- Contribución de energía solar fotovoltaica
- Contribución de energía geotérmica
- Contribución de combustible tipo biomasa a la producción de energía
- Contribución de la energía solar térmica a la producción de ACS
- Fuente energética del sistema de calefacción
- Fuente energética del sistema de refrigeración
- Fuente energética del sistema de producción de ACS
- Tipo de sistema de calefacción
- Tipo de sistema de refrigeración

La correlación de la rho de Spearman requiere que todas las variables implicadas sean numéricas; por lo tanto se han transformado las variables tipo cadena (compuestas por texto) a variables numéricas mediante la creación de variables auxiliares. Además, se debe tener en cuenta qué variables son ordinales, es decir, en cuáles el orden implica un aumento o disminución de la calidad.

Las variables auxiliares generadas para la realización de la correlación estadística han sido de tipo ordinal y no ordinal. Algunas de las variables auxiliares creadas son ordinales (en orden ascendente, de mejor a peor), como por ejemplo:

- Año de construcción: posterior al año 2006 (1), entre el año 1979 y 2006 (2) o anterior al año 1979 (3)
- Tipo de aperturas: triple (1), doble bajo emisivo (2), doble (3) o simple (4)
- Existencia o no de aislamiento: existente (1), no existente (2) o no se conoce (3)
- Contribución de energía solar térmica: si (1) o no (2)
- Contribución de energía solar fotovoltaica: si (1) o no (2)
- Contribución de energía geotérmica: si (1) o no (2)
- Contribución de combustible biomasa a la producción de energía: si (1) o no (2)

- Contribución de energía solar térmica a la producción de ACS: 0-10 (1), 10-20 (2), 20-30 (3), 30-40 (4), 40-50 (5), 50-60 (6), 60-70 (7), 70-80 (8), 80-90 (9) o 90%-100% (10)

Otras variables auxiliares son no ordinales ya que los valores numéricos son asignados de forma aleatoria, pues no se determina, a priori, que los valores iniciales (tipo cadena) presenten un orden en cuanto a calidad se refiere:

- Configuración: oficina aislada (1) o oficina integrada en un edificio industrial (2)
- Propiedad: privada (1) o pública (2)
- Zona climática: C2 (1), D2 (2), B3 (3), D3 (4), C3 (5), D1 (6) o E1 (7)
- Provincia: Barcelona (1), Girona (2), Tarragona (3) o Lleida (4)
- Fuente energética del sistema de calefacción: biomasa (1), carbón (2), electricidad (3), electricidad y gas natural (4), electricidad y gasóleo C (5), electricidad y GLP (6), gas natural (7), gasóleo C (8) o propano (9)
- Fuente energética del sistema de refrigeración: carbón (1), electricidad (2) o gas natural (3)
- Fuente energética del sistema de producción de ACS: biomasa (1), butano (2), electricidad (3), gas natural (4), gasóleo C (5), GLP (6), propano (7) o solar (8)
- Tipo de sistema de calefacción: centralizado (1), individual (2) o inexistente (3)
- Tipo de sistema de refrigeración: centralizado (1), individual (2) o inexistente (3)

4. Resultados

4.1 Análisis descriptivo

La base de datos analizada incluye 11.252 certificados energéticos de oficinas, que según datos de la Dirección General del Catastro (2017) representan un 24,89% del total de oficinas en Cataluña (45.212).

El motivo de la certificación es, mayoritariamente, el alquiler de las oficinas (68.7%), seguido de la compra o venta de éstas (24.0%). El resto de casos (7.3%) lo solicitan por diversos motivos, entre los cuáles hay ser un edificio de la administración pública (en este caso el certificado energético es obligatorio), ser un edificio de nueva construcción, la realización de un informe de evaluación del edificio (IEE), necesidad de obtener un certificado energético para solicitar una ayuda concreta o subvención, certificación energética voluntaria o modificación de un certificado ya existente.

En referencia a la titulación del técnico que emite el certificado, en su mayoría son arquitectos y arquitectos técnicos (un 81,25% del total). El 18,75% restante son ingenieros e ingenieros técnicos.

La mayoría de las oficinas certificadas son oficinas aisladas (87.75%) y oficinas emplazadas dentro de un edificio industrial (12.25%). Las oficinas certificadas son mayoritariamente privadas (96.74%), frente a las oficinas que son de titularidad pública (3.3%).

La mayoría de oficinas estudiadas tienen una superficie entre 50 y 100 m², siendo muy poco frecuente encontrar valores superiores a los 1000 m² (Figura 6).

El procedimiento utilizado para hacer los certificados energéticos es mayoritariamente el CE3X (96.93%). El resto de procedimientos (CE3, CALENER VYP, CALENER GT, CALENER GT + POSTCALENER, CERMA, opción simplificada del Ministerio) son utilizados en apenas el 3,9% de los casos. En este sentido es de destacar que solo el 1.7% de los certificados de oficinas (205 casos) se han realizado con programas generales compatibles con la Herramienta Unificada Lider Calener.

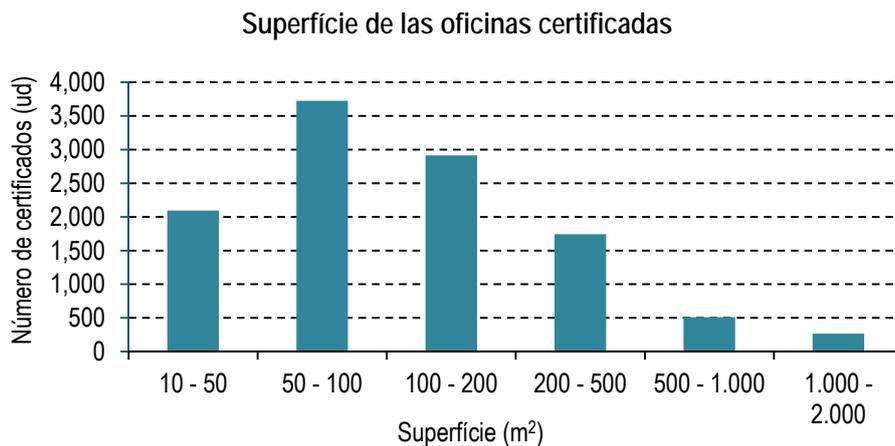


Figura 6. Superficie de las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

La mayoría de las oficinas estudiadas se construyeron antes del año 1979 (58,03%) y por lo tanto no satisfacen ningún tipo de requerimiento en términos de aislamiento térmico, y muy pocas son posteriores al 2006 (5,59%) y por lo tanto construidas de acuerdo con los requerimientos térmicos del Código Técnico de la Edificación - Documento base sobre Ahorro Energético (España, 2006). El resto de oficinas (36,37%) fueron construidas entre el año 1979 y el 2006, bajo los requerimientos de la Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas de los Edificios (España, 1979) (Figura 7).

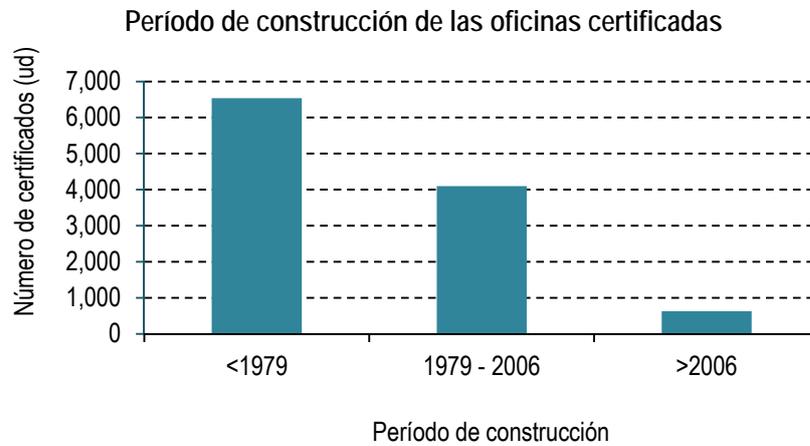


Figura 7. Periodo de construcción de las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

En relación a la zona climática (Figura 8), la mayoría de los certificados energéticos se sitúan en la zona C2 (80,58%), que corresponde a las provincias de Barcelona y Girona. El 3,5% de los certificados analizados se sitúan en la zona climática B3 (Tarragona) y solo el 2.6% se en la zona D3 (Lleida). Según datos de la Dirección General del Catastro (2017), Barcelona es la provincia de Cataluña con más oficinas construidas (35.417 edificios), y Lleida la que posee menos construcciones de este tipo, con un total de 2.973 edificios. Las dos provincias restantes, Tarragona y Girona, tienen un parque de oficinas construido de, respectivamente, 3.206 y 3.616 edificios. Algunos certificados energéticos analizados se sitúan en otras zonas climáticas (D2, C3, D1 y E1) que corresponden a localidades que presentan una diferencia de altitud significativa respecto a la capital de su provincia, de la cual se toma la zona climática por defecto.

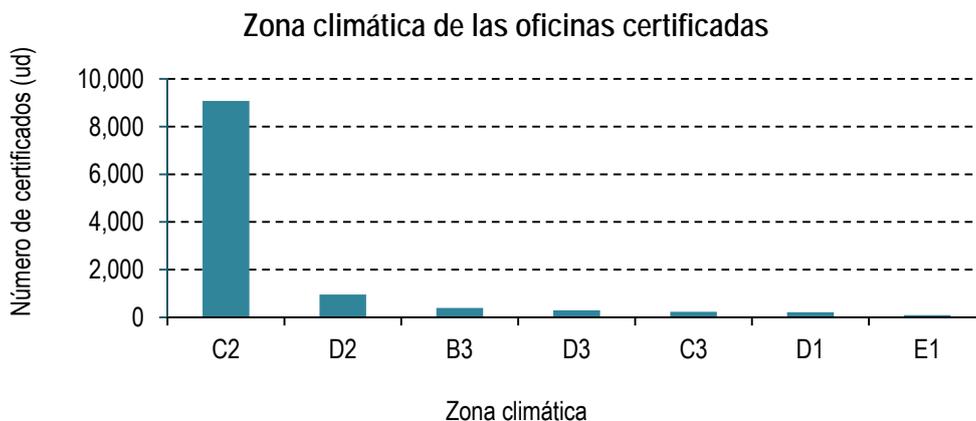


Figura 8. Zona climática de las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

En relación a las características constructivas, la mayoría de las oficinas certificadas no tiene aislamiento térmico en su envolvente (40.82%), en parte porque, tal como se ha mencionado anteriormente, un 41% de los edificios fueron construidos antes de la entrada en vigor de la norma NBE-CT-79 (España, 1979), bajo ningún requisito de aislamiento térmico. Solo en el 24.56% de los casos, la envolvente de las oficina contiene aislamiento térmico y en los casos restantes (34.07%) se desconoce. En cuanto a las aperturas, en la mayoría de oficinas los vidrios son simples (54,1%); no obstante, también hay un porcentaje importante de oficinas que dispones de doble vidrio (42,60%). De forma más residual, las aperturas de las oficinas tienen vidrio doble bajo emisivo (2.68%) o triple vidrio (0.07%).

En relación a la propia calificación energética, se observa que tan sólo un 0,55% de los certificados tienen una letra A; un 25,37% tienen letra B o C; un 29,53% se encuentran calificados con una letra D; y por último el 44,55% de los certificados tienen letras E, F o G (Figura 9). Los primeros dos grupos (letras A, B y C) corresponden a los edificios más energéticamente eficientes, con consumos energéticos menores (inferiores a 58,8 kWh_p/m²·año). Los certificados calificados con la letra D presentan un consumo energético entre 58,8 y 90,5 kWh_p/m²·año, es decir, consumen aproximadamente el doble de energía que las oficinas calificadas con letra B o C. Aún y así, estos rangos de consumo son aceptables, y no se considera que esta sea una calificación deficiente. El grupo de certificados con letra E, con un consumo entre 90,5 y 184,5 kWh_p/m²·año, marcan el límite entre el aprobado y el suspenso en eficiencia energética. Por último, los grupos con letras F y G, con un consumo de más de 184,5 kWh_p/m²·año, se consideran energéticamente deficientes.

El consumo medio de las oficinas estudiadas es de 272,39 kWh_p/m²·año, con una gran parte de los valores ubicados en el rango comprendido entre 100 y 300 kWh_p/m²·año (Figura 10), acorde a las calificaciones obtenidas, la mayoría situadas entre las letras E, F y G.

Calificación energética de las oficinas certificadas

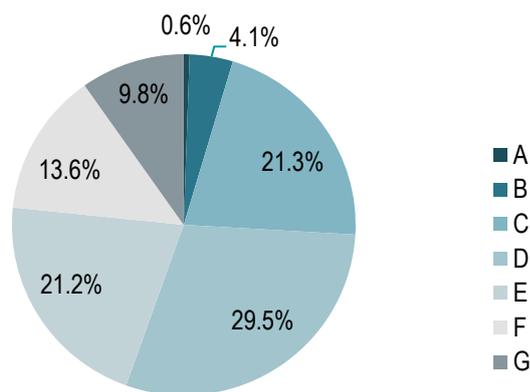


Figura 9. Calificación energética de las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

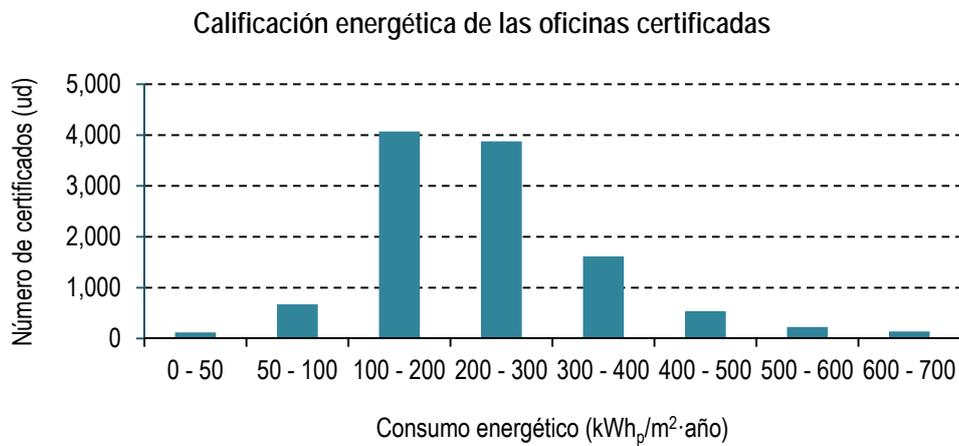


Figura 10. Consumo energético de las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

El análisis de la calificación según las emisiones de CO₂ revela una estructura similar a la calificación en función del consumo de energía. Tan sólo un 1,07% de los certificados tienen una letra A; un 27,56% tienen letra B o C; un 19,46% tienen una calificación con letra D; y los certificados restantes (el 41,98%) tienen letras E, F o G. Los certificados A, B y C corresponden a valores de emisión pequeños (menos de 13,5 kg CO₂/m²·año). Los certificados calificados con la letra D presentan un rango de emisiones entre 13,5 y 20,7 kg CO₂/m²·año. El grupo de certificados con letra E emiten entre 20,7 y 40,8 kg CO₂/m²·año. Los grupos con letras F y G son los que más emisiones de CO₂ generan (más de 40,8 kg CO₂/m²·año). La media de emisiones en las oficinas analizadas es de 66,83 kg CO₂/m²·año, con valores variando en un rango entre 20 y 200 kg CO₂/m²·año.

Las calificaciones parciales hacen referencia a la energía necesaria para que el edificio mantenga unas características medias de confort, con independencia de la instalación utilizada. Cuanto más se acerque un edificio a una buena calificación, menos energía necesitará para su funcionamiento, debido a que esta calificación tiene en cuenta las características constructivas del edificio, como por ejemplo la envolvente térmica. Los resultados obtenidos muestran que las calificaciones parciales de calefacción se encuentran, de nuevo, mayoritariamente en los peores grupos: E, F y G (88,8%). Sin embargo, en el caso de la refrigeración estas calificaciones parciales están mucho más repartidas, siendo la C la calificación más frecuente (Figura 11).

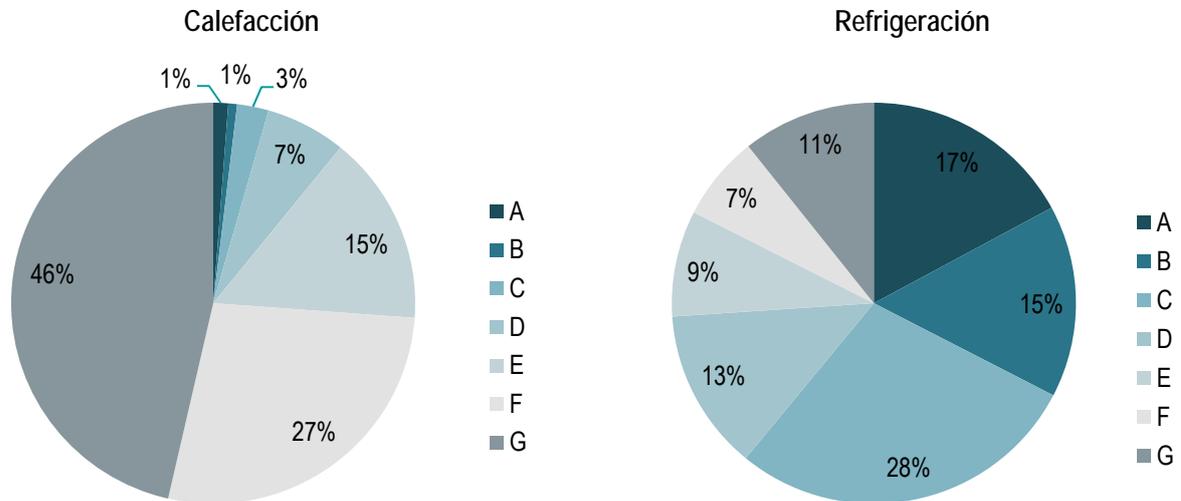


Figura 11. Calificación en la demanda parcial de calefacción y refrigeración de las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

La principal fuente energética de las oficinas certificadas es la electricidad, seguida muy de lejos por el gas natural (Figura 12). Además la mayoría de sistemas, tanto de calefacción como de refrigeración, son individuales. Muy pocos edificios tienen un sistema centralizado. Por otro lado, es de destacar que una proporción notable de las oficinas certificadas no dispone de calefacción ni/o refrigeración (Figura 13).

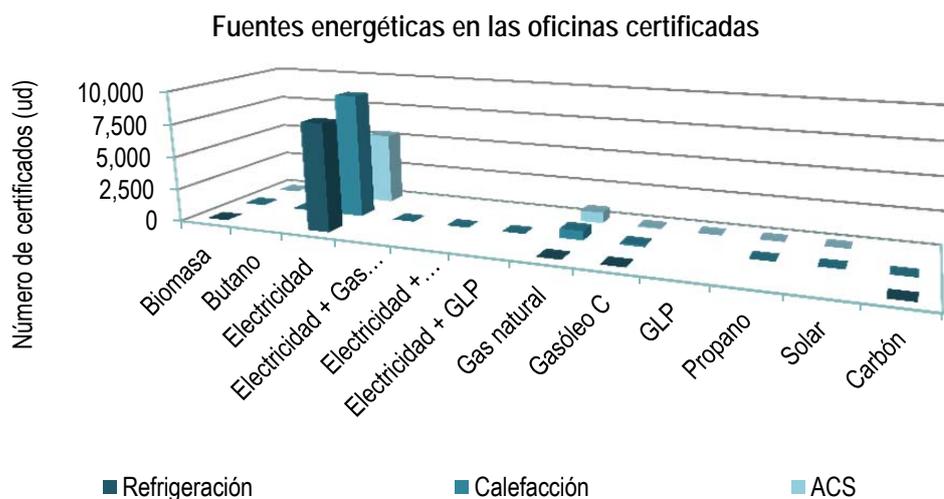


Figura 12. Fuentes energéticas de refrigeración, calefacción y ACS en las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

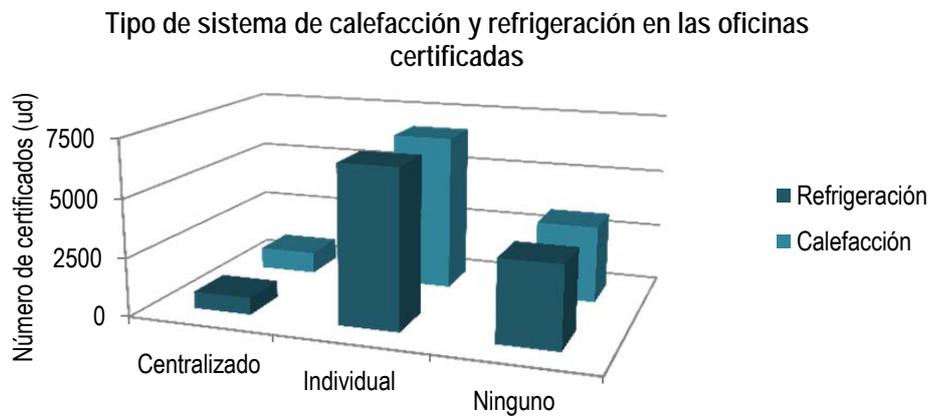


Figura 13. Tipo de sistema de calefacción y refrigeración en las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

El análisis realizado revela que el 1% de los edificios tiene implementado algún sistema de energía renovable, tales como la energía solar térmica, la solar fotovoltaica, la geotérmica o biomasa (Tabla 1). En los edificios que tienen instalado un sistema de aprovechamiento de la energía solar térmica (tan sólo 130 de los 11.252 totales), la contribución solar media se sitúa entre el 50% y el 60% del suministro total, de acuerdo con la normativa vigente.

	Energía solar térmica	Energía solar fotovoltaica	Energía geotérmica	Biomasa
Sí	1,16%	0,32%	0,14%	0,28%
No	98,84%	99,68%	99,86%	99,72%

Tabla 1. Existencia o no de algún sistema de energía renovable en el edificio, en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Analizando los casos de estudio según su calificación energética y año de construcción, se observa que las oficinas construidas después del 2006 obtienen mejores calificaciones, y se sitúan mayoritariamente en las letras A, B, C y D. En las peores calificaciones, el porcentaje de oficinas construidas antes del año 1979 es mucho más elevado que el de los dos periodos restantes (Figura 14).

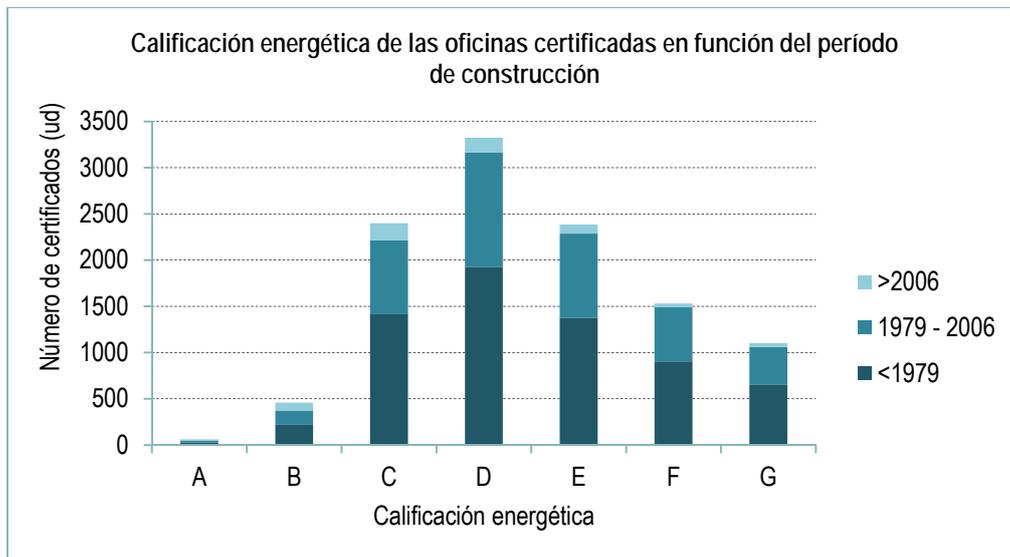


Figura 14. Calificación energética de las oficinas certificadas en función del período de construcción.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Cruzando el consumo energético medio, la zona climática y el año de construcción de los certificados energéticos estudiados, se observa que, en la mayoría de zonas climáticas, los edificios posteriores al 2006 son los que consumen menos energía. Las oficinas certificadas consumen más energía en la zona climática E1, seguida por la D3 (Figura 15). La zona E1 corresponde a aquellas localidades de las zonas C2 (Barcelona y Girona) o D3 (Lleida) que por su diferencia de altitud con la capital tienen un factor de corrección aplicado. Por otra parte, la zona D3 corresponde a la provincia de Lleida, y a localidades corregidas de la provincia de Tarragona (B3). Contrariamente, las zonas climáticas que presentan un consumo menor son la C3, seguida por la B3. La zona C3 se asocia con localidades a las cuales les pertenecería ubicarse en la zona climática D3 (Lleida, con una altitud de referencia de 131 metros) con una altitud es menor a los 100 metros. La zona B3 incluye las localidades de la provincia de Tarragona.

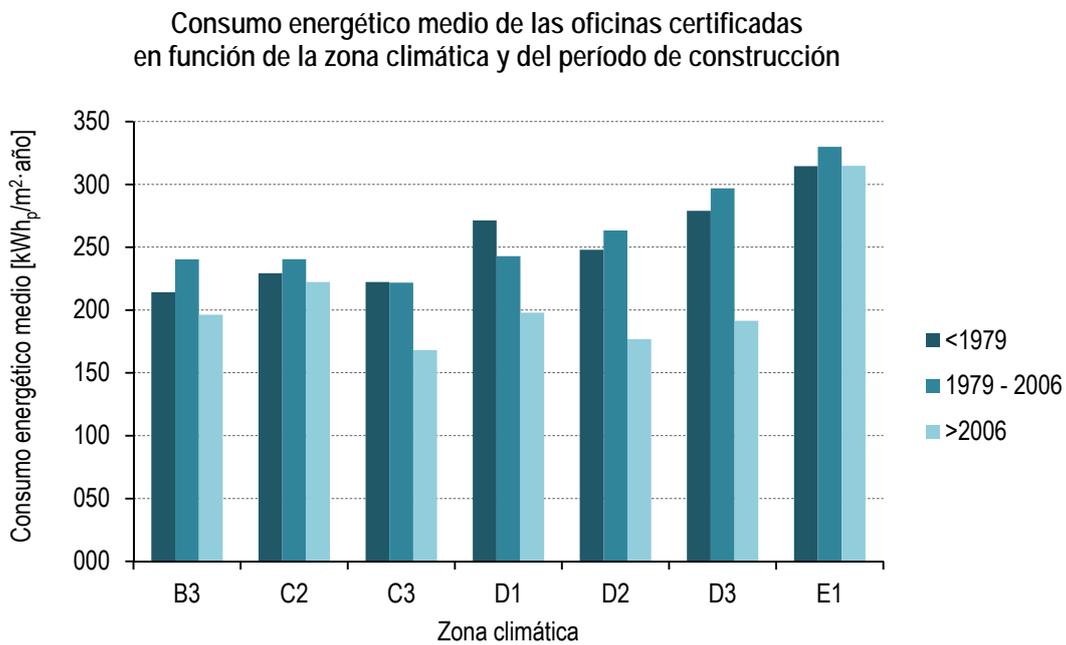


Figura 15. Consumo energético medio de las oficinas certificadas en función de la zona climática y del período de construcción.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Tal y como ya se ha explicado anteriormente, los consumos de energía parcial solo han podido analizarse en 7.038 certificados de los 11.252 totales. En base a la información disponible y tal como muestra la figura 16, se puede afirmar que la mayor parte de la energía consumida se destina a la calefacción (48,61%), muy seguida por la iluminación (33,84%). Tanto la refrigeración como el abastecimiento de agua caliente sanitaria juegan un papel secundario, representando entre los dos un 17,55% del consumo de energía primaria. Los consumos parciales de energía para el agua caliente sanitaria y la refrigeración son bastante parecidos en todas las zonas climáticas y únicamente se encuentran diferencias en los consumos parciales de calefacción y refrigeración. Según la figura 17, las zonas donde más energía se consume para abastecer las necesidades de calefacción son la E1 y la D2 (zonas con una severidad climática de invierno mayor). Por otra parte, el consumo de refrigeración es más elevado en la zona climática D3, seguida por la B3 y la C3 (zonas con una severidad climática de verano mayor).

Consumo parcial de energía primaria

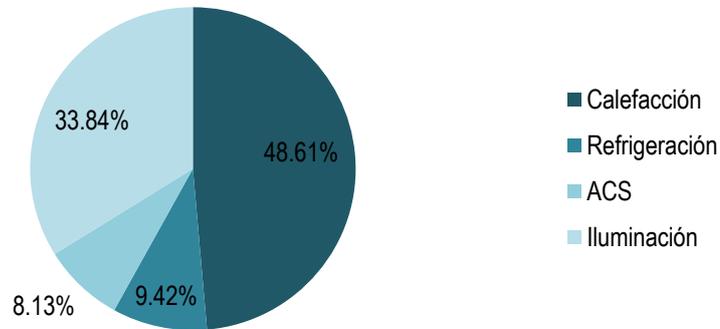


Figura 16. Consumo energético medio parcial de las oficinas certificadas.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Consumo energético medio parcial de las oficinas certificadas en función de la zona climática

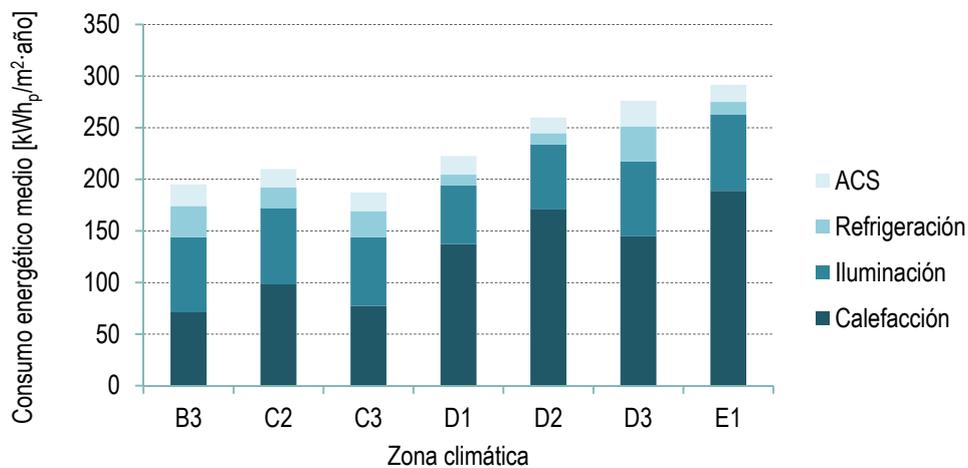


Figura 17. Consumo energético medio parcial de las oficinas certificadas en función de la zona climática.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

El análisis del consumo energético parcial en función del año de construcción (Figura 18) revela que el consumo de calefacción y de agua caliente sanitaria es mayor para los edificios construidos después del año 2006, probablemente porque los edificios más nuevos proporcionan, de acuerdo con la normativa vigente, mejores condiciones de confort. El

consumo de iluminación es mucho más elevado en las oficinas antiguas que en las nuevas, debido a los requerimientos de eficiencia energética que las oficinas nuevas deben cumplir por normativa.

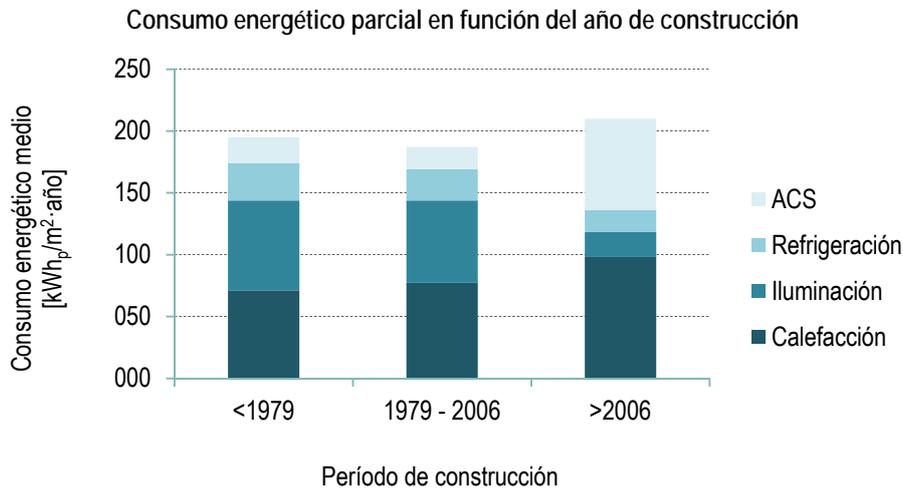


Figura 18. Consumo energético medio parcial de las oficinas certificadas en función del año de construcción.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Por último, la Tabla 2 relaciona las instalaciones de las oficinas con el tipo de combustible utilizado. La electricidad es la fuente energética más extendida en los edificios de oficinas en todos los usos, seguida del gas natural, que se utiliza mayoritariamente para la calefacción y la producción de agua caliente sanitaria. El resto de combustibles presentan un porcentaje muy poco significativo.

	Biomasa	Carbón	Electricidad	Gas natural	Gasóleo C	GLP
Calefacción	0,23%	0,01%	77,14%	19,93%	2,53%	0,15%
Refrigeración	0,03%	0,01%	99,51%	0,45%	0,00%	0,00%
ACS	0,01%	0,00%	87,20%	11,71%	0,28%	0,79%
Iluminación	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 2. Consumo energético parcial en función del combustible, expresado en kWh_s/m²·año.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

4.2 Estudio de correlación

Los parámetros estadísticos de Skewness y Curtosis (Tabla 3) y el test de Kolmogorov-Smirnov (Tabla 4) ponen de manifiesto que la variable del consumo energético (expresado en kWh_p/m²·año) no sigue una distribución normal (figura 19).

	Estadístico	Error estándar
Media	235,06	1,06
Límite superior del intervalo de confianza (95%)	246,81	-
Límite inferior del intervalo de confianza (95%)	223,31	-
Mediana	215,83	-
Varianza	12635,80	-
Desviación estándar	112,41	-
Mínimo	1,02	-
Máximo	700,00	-
Asimetría (Skewness)	1,13	0,02
Curtosis	1,80	0,05

Tabla 3. Frecuencias de distribución y descriptivas de la variable de consumo energético (kWh_p/m²·año).

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Estadístico	0,08
Valor significativo	0,00

Tabla 4. Test de Kolmogorov-Smirnov de la variable de consumo energético.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

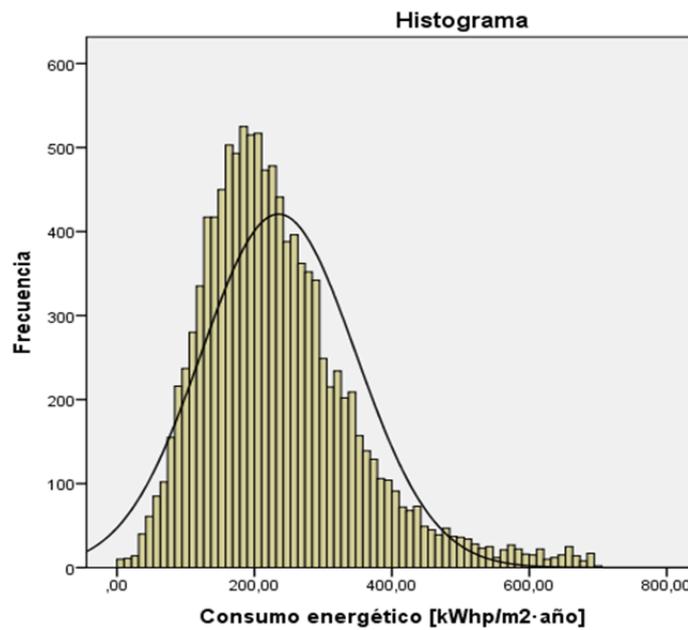


Figura 19. Histograma de distribución de la variable de consumo energético (kWhp/m²·año).

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Así pues, el estudio de correlación se hace en base a la correlación bivariada rho de Spearman (prueba no paramétrica) entre la variable de estudio (consumo energético) y el resto.

Variable	Rho Sperman	Valor significativo
Configuración	0,075**	0
Propiedad	0,027	0,346
Superficie	-0,141**	0
Año de construcción	-0,012	0,212
Zona climática	0,067**	0
Provincia	0,057**	0
Aperturas	0,043**	0
Aislamiento	0,043**	0
Contribución energía solar térmica	0,051**	0
Contribución energía solar fotovoltaica	0,027**	0,004



Variable	Rho Sperman	Valor significativo
Contribución energía geotérmica	0,006	0,547
Contribución biomasa	0,039**	0
Contribución energía solar térmica a ACS	-0,154	0,082
Fuente energética calefacción	-0,072**	0,004
Fuente energética refrigeración	0,05	0,097
Fuente energética ACS	-0,089	0,457
Tipo de sistema calefacción	-0,074	0,205
Tipo de sistema refrigeración	-0,059	0,470

** Variables significativas

Tabla 5. Correlación de Rho de Spearman entre las variables de análisis y el consumo energético ($\text{kWh}_p/\text{m}^2\cdot\text{año}$).

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Se observa que las variables significativas son, en orden de significancia:

- Superficie
- Configuración
- Fuente energética de la calefacción
- Zona climática
- Provincia
- Contribución de energía solar térmica
- Tipo de aperturas
- Aislamiento
- Contribución de combustible biomasa a la producción energética
- Contribución de energía solar fotovoltaica

5. Propuesta de segmentación del parque de oficinas

Algunas variables significativas identificadas en el estudio de correlación han resultado ser redundantes entre ellas (zona climática y provincia). Otras están interrelacionadas entre ellas, como por ejemplo el aislamiento térmico y el tipo de aperturas que, a su vez, dependen directamente del periodo de construcción. No obstante, la variable año de construcción ha resultado ser una variable no significativa, probablemente porque la base de datos no permite distinguir si las oficinas certificadas han sido rehabilitadas. Muchas oficinas antiguas han renovado las instalaciones (calderas, equipos de aire acondicionado,...), pero no así las propiedades térmicas de su envolvente. Así pues, se tomará como variable de segmentación el periodo de construcción del edificio, o el de su rehabilitación, en caso de que se hubiera realizado, agrupando de esta forma las variables de aislamiento térmico y el tipo de aperturas. Los periodos de construcción considerados responderán a la vigencia de las normativas de ahorro energético en edificios. Por último, se han obviado las variables de segmentación relacionadas con las energías renovables, dado que la base de datos incluye muy pocos casos representativos.

Teniendo en cuenta que el objeto de este proyecto de investigación es mejorar la eficiencia energética de las oficinas con calificaciones deficientes, se propone una segmentación del parque de oficinas de Cataluña ([Tabla 6](#)) en función de las variables más significativas sobre el consumo energético:

- Calificación energética
- Zona climática
- Configuración
- Superficie
- Fuente energética de la calefacción
- Periodo de construcción o rehabilitación (si se diera el caso) del edificio

Dado que el objeto de este proyecto de investigación es mejorar la eficiencia energética de las oficinas con calificaciones deficientes, la variable de calificación energética contemplará las calificaciones E, F o G. Las zonas climáticas consideradas son C2, D2 y B3, que cubren el 92% de los casos ([Tabla 6](#)). Las tipologías de oficina consideradas son las que existen en la base de datos (aislada o integrada en un edificio industrial). La variable superficie distinguirá dos rangos (10-100 m² y 100-1.000 m²) y la fuente energética de la calefacción, tres posibilidades (electricidad y gas natural o sin calefacción, de acuerdo con los datos de la [Tabla 7](#)). El periodo de construcción o rehabilitación (si se diera el caso) del edificio distinguirá tres rangos de acuerdo con las normativas vigentes de condiciones térmicas de los edificios: anterior al año 1981 (sin normativa), entre 1981 y 2006 (bajo la norma NBE-CT 79) y posterior al año 2007 (bajo el Código Técnico de la Edificación – Documento Básico de Ahorro Energético).

Zona climática	Número de casos (ud.)	Porcentaje (%)
C2	9076	80.6
D2	956	8.5
B3	397	3.5
D3	292	2.6
C3	236	2.1
D1	216	1.9
E1	91	0.8

Tabla 6. Número de certificados energéticos de oficinas según la zona climática.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Fuente energética	Número de casos (ud.)	Porcentaje (%)
Electricidad	9419	69.2%
Gas natural	715	5.3%
Gasóleo C	116	0.9%
Biomasa	26	0.2%
Propano	11	0.1%
Electricidad y gas natural	4	0.0%
Butano	2	0.0%
Solar	2	0.0%
Electricidad y gasóleo C	1	0.0%
Electricidad y GLP	1	0.0%
Carbón	1	0.0%
Sin calefacción	3311	24.3%

Tabla 7. Número de certificados energéticos de oficinas según la fuente energética utilizada para la calefacción.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2017).

Esta aproximación (Tablas 8, 9 y 10) distingue 324 segmentos (3 calificaciones energéticas, 3 zonas climáticas, 2 configuraciones, 2 rangos de superficie, 3 fuentes energéticas de calefacción y 3 periodos de construcción/rehabilitación).

Configuración	Año de construcción / rehabilitación	Fuente energética de calefacción	Calificación energética	Rangos de superficie (m ²)		
				10 - 100	100 - 1000	
Zona climática: C2						
Aislada	<1981	Electricidad	E	Caso 1	Caso 2	
			F	Caso 3	Caso 4	
			G	Caso 5	Caso 6	
		Gas natural	E	Caso 7	Caso 8	
			F	Caso 9	Caso 10	
			G	Caso 11	Caso 12	
		Sin calefacción	E	Caso 13	Caso 14	
			F	Caso 15	Caso 16	
			G	Caso 17	Caso 18	
		1981-2006	Electricidad	E	Caso 19	Caso 20
				F	Caso 21	Caso 22
				G	Caso 23	Caso 24
	Gas natural		E	Caso 25	Caso 26	
			F	Caso 27	Caso 28	
			G	Caso 29	Caso 30	
	Sin calefacción		E	Caso 31	Caso 32	
			F	Caso 33	Caso 34	
			G	Caso 35	Caso 36	
	>2007		Electricidad	E	Caso 37	Caso 38
				F	Caso 39	Caso 40
				G	Caso 41	Caso 42
		Gas natural	E	Caso 43	Caso 44	
			F	Caso 45	Caso 46	
			G	Caso 47	Caso 48	
Sin calefacción		E	Caso 49	Caso 50		
		F	Caso 51	Caso 52		
		G	Caso 53	Caso 54		
En edificio industrial		<1981	Electricidad	E	Caso 55	Caso 56
				F	Caso 57	Caso 58
				G	Caso 59	Caso 60
	Gas natural	E	Caso 61	Caso 62		
		F	Caso 63	Caso 64		

Configuración	Año de construcción /	Fuente energética de calefacción	Calificación energética	Rangos de superficie (m ²)	
			G	Caso 65	Caso 66
			E	Caso 67	Caso 68
		Sin calefacción	F	Caso 69	Caso 70
			G	Caso 71	Caso 72
		Electricidad	E	Caso 73	Caso 74
			F	Caso 75	Caso 76
			G	Caso 77	Caso 78
	1981-2006	Gas natural	E	Caso 79	Caso 80
			F	Caso 81	Caso 82
			G	Caso 83	Caso 84
		Sin calefacción	E	Caso 85	Caso 86
			F	Caso 87	Caso 88
			G	Caso 89	Caso 90
		Electricidad	E	Caso 91	Caso 92
			F	Caso 93	Caso 94
			G	Caso 95	Caso 96
	>2007	Gas natural	E	Caso 97	Caso 98
			F	Caso 99	Caso 100
			G	Caso 101	Caso 102
		Sin calefacción	E	Caso 103	Caso 104
			F	Caso 105	Caso 106
			G	Caso 107	Caso 108

Tabla 8. Propuesta de segmentación del parque de oficinas para la zona climática C2.

Fuente: Elaboración propia.



Configuración	Año de construcción / rehabilitación	Fuente energética de calefacción	Calificación energética	Rangos de superficie (m ²)		
Zona climática: D2						
Aislada	<1981	Electricidad	E	Caso 109	Caso 110	
			F	Caso 111	Caso 112	
			G	Caso 113	Caso 114	
		Gas natural	E	Caso 115	Caso 116	
			F	Caso 117	Caso 118	
			G	Caso 119	Caso 120	
		Sin calefacción	E	Caso 121	Caso 122	
			F	Caso 123	Caso 124	
			G	Caso 125	Caso 126	
		1981-2006	Electricidad	E	Caso 127	Caso 128
				F	Caso 129	Caso 130
				G	Caso 131	Caso 132
	Gas natural		E	Caso 133	Caso 134	
			F	Caso 135	Caso 136	
			G	Caso 137	Caso 138	
	Sin calefacción		E	Caso 139	Caso 140	
			F	Caso 141	Caso 142	
			G	Caso 143	Caso 144	
	>2007		Electricidad	E	Caso 145	Caso 146
				F	Caso 147	Caso 148
				G	Caso 149	Caso 150
		Gas natural	E	Caso 151	Caso 152	
			F	Caso 153	Caso 154	
			G	Caso 155	Caso 156	
Sin calefacción		E	Caso 157	Caso 158		
		F	Caso 159	Caso 160		
		G	Caso 161	Caso 162		
En edificio industrial		<1981	Electricidad	E	Caso 163	Caso 164
				F	Caso 165	Caso 166
				G	Caso 167	Caso 168
	Gas natural		E	Caso 169	Caso 170	
			F	Caso 171	Caso 172	
			G	Caso 173	Caso 174	
	1981-2006	Sin calefacción	E	Caso 175	Caso 176	
			F	Caso 177	Caso 178	
			G	Caso 179	Caso 180	
		Electricidad	E	Caso 181	Caso 182	
			F	Caso 183	Caso 184	

Configuración	Año de construcción / rehabilitación	Fuente energética de calefacción	Calificación energética	Rangos de superficie (m ²)		
			G	Caso 185	Caso 186	
		Gas natural	E	Caso 187	Caso 188	
			F	Caso 189	Caso 190	
			G	Caso 191	Caso 192	
		Sin calefacción	E	Caso 193	Caso 194	
			F	Caso 195	Caso 196	
			G	Caso 197	Caso 198	
	>2007	Electricidad	E	Caso 199	Caso 200	
				F	Caso 201	Caso 202
				G	Caso 203	Caso 204
			Gas natural	E	Caso 205	Caso 206
				F	Caso 207	Caso 208
				G	Caso 209	Caso 210
			Sin calefacción	E	Caso 211	Caso 212
				F	Caso 213	Caso 214
				G	Caso 215	Caso 216

Tabla 9. Propuesta de segmentación del parque de oficinas para la zona climática D2.

Fuente: Elaboración propia.



Configuración	Año de construcción / rehabilitación	Fuente energética de calefacción	Calificación energética	Rangos de superficie (m ²)	
Zona climática: B3					
Aislada	<1981	Electricidad	E	Caso 217	Caso 218
			F	Caso 219	Caso 220
			G	Caso 221	Caso 222
		Gas natural	E	Caso 223	Caso 224
			F	Caso 225	Caso 226
			G	Caso 227	Caso 228
		Sin calefacción	E	Caso 229	Caso 230
			F	Caso 231	Caso 232
			G	Caso 233	Caso 234
	1981-2006	Electricidad	E	Caso 235	Caso 236
			F	Caso 237	Caso 238
			G	Caso 239	Caso 240
		Gas natural	E	Caso 241	Caso 242
			F	Caso 243	Caso 244
			G	Caso 245	Caso 246
		Sin calefacción	E	Caso 247	Caso 248
			F	Caso 249	Caso 250
			G	Caso 251	Caso 252
	>2007	Electricidad	E	Caso 253	Caso 254
			F	Caso 255	Caso 256
			G	Caso 257	Caso 258
		Gas natural	E	Caso 259	Caso 260
			F	Caso 261	Caso 262
			G	Caso 263	Caso 264
		Sin calefacción	E	Caso 265	Caso 266
			F	Caso 267	Caso 268
			G	Caso 269	Caso 270
En edificio industrial	<1981	Electricidad	E	Caso 271	Caso 272
			F	Caso 273	Caso 274
			G	Caso 275	Caso 276
		Gas natural	E	Caso 277	Caso 278
			F	Caso 279	Caso 280
			G	Caso 281	Caso 282
	1981-2006	Sin calefacción	E	Caso 283	Caso 284
			F	Caso 285	Caso 286
			G	Caso 287	Caso 288
		Electricidad	E	Caso 289	Caso 290
			F	Caso 291	Caso 292

Configuración	Año de construcción / rehabilitación	Fuente energética de calefacción	Calificación energética	Rangos de superficie (m ²)		
			G	Caso 293	Caso 294	
		Gas natural	E	Caso 295	Caso 296	
			F	Caso 297	Caso 298	
			G	Caso 299	Caso 300	
		Sin calefacción	E	Caso 301	Caso 302	
			F	Caso 303	Caso 304	
			G	Caso 305	Caso 306	
	>2007	Electricidad	E	Caso 307	Caso 308	
				F	Caso 309	Caso 310
				G	Caso 311	Caso 312
			Gas natural	E	Caso 313	Caso 314
				F	Caso 315	Caso 316
				G	Caso 317	Caso 318
			Sin calefacción	E	Caso 319	Caso 320
				F	Caso 321	Caso 322
				G	Caso 323	Caso 324

Tabla 10. Propuesta de segmentación del parque de oficinas para la zona climática B3.

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

Los resultados alcanzados dentro de esta actividad incluyen la identificación de 324 tipologías de referencia de oficinas en función de su configuración, la zona climática, la antigüedad, la calificación energética, la superficie y la fuente energética de calefacción. Posteriormente, y en base a las tipologías edificatorias de referencia identificadas, se seleccionaran los casos de estudio dentro de la base de datos de certificados energéticos de ICAEN y serán estos los que se utilizarán para evaluar energéticamente, económicamente y ambientalmente las medidas de mejora identificadas en la tarea 2.

7. Referencias

- [1] Ballarini, I., Corgnati, S.P. y Corrado, V., 2014. Use of reference buildings to assess the energy saving potentials of the residential building stock: The experience of TABULA project. Energy Policy, vol. 68, pp. 273-284.



- [2] Cappelletti, F., Penna, P., Pernigotto, G. y Gasparella, A., 2012. Sensitivity to the Reference Buildings Choice of the New Energy Requirements: an Application of the Regulation EU 244/2012. In CLIMA 2013 - 11th REHVA World Congress and the 8th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings, Prague (Czech Republic).
- [3] Comisión Europea, 2009. Reference buildings for EP calculation studies (ASIEPI WP2). [en línea].[Consulta: 25 abril 2017]. Disponible en: <<http://www.asiepi.eu>>.
- [4] Comisión Europea, 2017. EU Buildings Database. [en línea].[Consulta: 25 abril 2017]. Disponible en: <<http://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-database>>.
- [5] Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M. y Monetti, V., 2013. Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application. Applied Energy, vol. 102, pp. 983-993.
- [6] Dirección General del Catastro, 2017. Sede Electrónica del Catastro. [en línea].[Consulta: 25 abril 2017]. Disponible en: <<http://www.catastro.meh.es/esp/sede.asp>>.
- [7] España, 1979. NBE-CT-79 (Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas de los edificios). Boletín Oficial del Estado, vol. 253, pp. 24524-24550.
- [8] España, 2006. Real Decreto 314/2006 sobre la aprobación del Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, vol. 74, pp. 11816-11831.
- [9] España, 2013. Real Decreto 235/2013 sobre el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de los edificios. Boletín Oficial del Estado, vol. 89, pp. 27548-27562.
- [10] Europa, 2002. Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, vol. L 1, 65-71.
- [11] Institut Català de l'Energia, 2017. Base de datos de certificados energéticos de oficinas. Recurso no publicado.
- [12] Ministerio de Fomento, 2014. Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España.[Consulta: 2 mayo 2017]. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/39711141-E3BB-49C4-A759-4F5C6B987766/130069/2014_article4_es_spain.pdf>.
- [13] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008. Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas. WWF España, vol. 1, pp. 1-132.



EOFF

*Soluciones individualizadas
ambientalmente y económicamente sostenibles
para la rehabilitación energética
del parque de edificios de oficinas*

D1. Segmentación del actual parque de edificios de oficinas

- [14] Moreci, E., Ciulla, G. y Lo Brano, V., 2016. Anual heating energy requirements of office buildings in a European climate. *Sustainable Cities and Society*, vol. 20, pp. 81-95.