

Índice general

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Introducción | 1 |
| 1.2. Objetivos y metodología | 3 |
| 1.3. Contenido | 4 |
| 2. Modelos de estimación de energía | 7 |
| 2.1. Método de los Grados-día (GD) | 7 |
| 2.1.1. Aplicación del método de los grados día | 9 |
| 2.1.1.1. Calefacción | 9 |
| 2.1.1.2. Agua caliente sanitaria (ACS) | 9 |
| 2.2. Método Binario | 11 |
| 2.3. Métodos generales de cálculo de demanda de energía | 13 |
| 2.4. Método del balance de energía | 13 |
| 2.5. Método de las series temporales radiantes | 15 |
| 3. Métodos de certificación energética | 23 |
| 3.1. Métodos de certificaciones existentes | 23 |
| 3.2. CALENER VYP | 25 |
| 3.3. Opción simplificada de certificación CE1 | 27 |
| 3.4. CE2 Certificación Energética de edificios de viviendas | 29 |
| 3.5. CES Certificación Energética Simplificada | 30 |
| 3.6. Ventajas e inconvenientes entre los diferentes programas de certificación energética | 32 |
| 4. Método abreviado de certificación energética | 33 |
| 4.1. Hipótesis | 34 |
| 4.2. Cálculo de la demanda de calefacción y refrigeración | 36 |
| 4.2.1. Transferencia por cerramientos opacos | 36 |
| 4.2.1.1. Muro exteriores | 39 |
| 4.2.1.2. Muro a otro local no acondicionado | 48 |
| 4.2.1.3. Muro al terreno | 50 |
| 4.2.1.4. Muro adiabático | 55 |
| 4.2.1.5. Caso de los techos. Techo exterior | 58 |
| 4.2.1.6. Techo a otro local no acondicionado | 60 |
| 4.2.1.7. Techo adiabático | 60 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 4.2.1.8. | Caso de suelos. Suelo exterior | 61 |
| 4.2.1.9. | Suelo a otro local no acondicionado | 64 |
| 4.2.1.10. | Suelo a vacío sanitario | 64 |
| 4.2.1.11. | Suelo al terreno | 65 |
| 4.2.1.12. | Suelo adiabático | 68 |
| 4.2.1.13. | Cerramientos Interiores | 68 |
| 4.2.1.14. | Caso de muebles | 74 |
| 4.2.2. | Transferencia por puentes térmicos | 76 |
| 4.2.3. | Transferencia de calor por huecos | 79 |
| 4.2.3.1. | Conducción | 79 |
| 4.2.3.2. | Radiación | 81 |
| 4.2.4. | Transferencia por infiltración y ventilación | 88 |
| 4.2.4.1. | Cálculo del caudal de aire infiltrado | 88 |
| 4.2.4.2. | Condiciones del aire | 92 |
| 4.2.4.3. | Transferencia por ventilación | 93 |
| 4.2.5. | Transferencia por ocupación | 94 |
| 4.2.6. | Transferencia por iluminación | 94 |
| 4.2.7. | Transferencia por equipos | 94 |
| 4.2.8. | Variación de energía interna del aire del local | 95 |
| 4.3. | Balance de energía | 95 |
| 4.4. | Demanda y consumo de ACS | 98 |
| 5. | Caracterización de los sistemas y equipos | 101 |
| 5.1. | Calderas de ACS | 102 |
| 5.2. | Calderas de calefacción | 104 |
| 5.2.1. | Radiadores eléctricos | 106 |
| 5.3. | Equipos compresión aire-aire sólo frío | 107 |
| 5.4. | Equipos compresión bomba de calor aire-aire | 112 |
| 5.5. | Equipos de expansión directa aire-agua bomba de calor | 114 |
| 5.6. | Equipos con rendimiento estacional equivalente conocido | 119 |
| 5.7. | Sistemas y equipos por defecto en el edificio | 119 |
| 6. | Validación del Método | 121 |
| 6.1. | Análisis de fiabilidad del método simplificado propuesto | 121 |
| 6.2. | Casos comparados. Datos de partida | 121 |
| 6.2.1. | Edificios de comparación | 121 |
| 6.2.2. | Sistemas diversos | 122 |
| 6.2.2.1. | Sistemas de Agua caliente sanitaria | 122 |
| 6.2.2.2. | Sistema multizona de calefacción con caldera convencional | 122 |
| 6.2.2.3. | Sistema multizona de calefacción con caldera de baja temperatura | 124 |
| 6.2.2.4. | Sistema multizona de calefacción con caldera de condensación | 124 |
| 6.2.2.5. | Sistema de rendimiento constante | 125 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 6.2.2.6. | Sistema unizona por bomba de calor | 125 |
| 6.2.2.7. | Sistema unizona por equipo de compresión solo frío (aire – aire) más caldera de baja temperatura | 125 |
| 6.3. | Resultados globales obtenidos | 126 |
| 6.3.1. | Demandas de calefacción y refrigeración | 126 |
| 6.3.2. | Emisiones de $kgCO_2$ por metro cuadrado en edificios sin utilización de sistema alguno solo ACS | 126 |
| 6.3.3. | Emisiones de $kgCO_2$ por metro en edificios, con sistemas diversos de climatización, más ACS | 128 |
| 6.4. | Discusión de los resultados | 130 |
| 6.4.1. | Análisis de demanda en CALENER VYP, EnergyPlus y el Programa propuesto | 130 |
| 6.4.2. | Análisis de dispersión de la etiqueta energética | 133 |
| 6.5. | Comparación con datos reales | 133 |
| 6.5.1. | Influencia del peso de los muros y la ubicación del aislante en la calificación energética | 136 |
| 6.6. | Conclusiones | 141 |
| 7. | Uso de renovables en sistemas no convencionales | 143 |
| 7.1. | Introducción | 143 |
| 7.2. | Modelo matemático | 144 |
| 7.2.1. | Planteamiento | 144 |
| 7.2.2. | Modelo de los captadores solares | 145 |
| 7.2.3. | Ecuación característica formulada por Ziegler para la máquina de absorción de simple efecto | 146 |
| 7.2.4. | Diseño óptimo de una máquina endorreversible | 150 |
| 7.2.5. | Ecuación característica de Ziegler con un diseño óptimo de máquina endorreversible | 154 |
| 7.2.6. | Acoplamiento de los captadores y la máquina de simple efecto | 156 |
| 7.3. | Discusión y aplicación del modelo | 157 |
| 7.4. | Conclusiones | 166 |
| 8. | Máquina de frío solar + simulación térmica | 167 |
| 8.1. | Planteamiento | 167 |
| 8.2. | Interacción entre ambos sistemas | 168 |
| 8.3. | Discusión de la conexión entre ambos sistemas | 169 |
| 8.3.1. | Diseño óptimo para cubrir la mayor cantidad de demanda en refrigeración del edificio | 171 |
| 8.3.1.1. | Cambio de la temperatura de evaporación | 172 |
| 8.3.2. | Estudio de un caso simple. Efecto de la orientación de los cristales, de la orientación de los captadores y el aislamiento del edificio | 176 |
| 8.4. | Optimización del sistema de refrigeración solar | 179 |
| 8.4.1. | Reducción de las emisiones de $kgCO_2/m^2$ año | 184 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8.4.2. | Efecto sobre la calificación energética, por el uso del sistema de refrigeración solar sobre los edificios originales | 187 |
| 8.4.3. | Efecto sobre la calificación energética, mejorando el aislamiento de los edificios más el uso del acondicionamiento solar | 187 |
| 8.4.4. | Reducción de la demanda total (Frío + Calor) | 191 |
| 8.4.4.1. | Viviendas convencionales | 195 |
| 8.4.4.2. | Viviendas aisladas | 195 |
| 8.5. | Conclusiones | 197 |
| 9. | Conclusiones y futuros trabajos | 199 |
| 9.1. | Conclusiones | 199 |
| 9.2. | Futuros trabajos | 201 |
| A. | Horarios y fuentes internas de simulación | 203 |
| A.1. | Control del termostato | 203 |
| A.2. | Ventilación | 203 |
| A.3. | Ocupantes | 204 |
| A.4. | Equipos (todo sensible) | 204 |
| A.5. | Iluminación (todo sensible) | 204 |
| B. | Escala de la calificación energética | 207 |
| C. | Descripción geométrica de los edificios | 215 |
| C.1. | Datos geométricos en los edificios oficiales de simulación | 215 |
| C.2. | Edificios que se utilizaron para validar el procedimiento simplificado existente | 223 |
| D. | Resultados DDGH para las zonas climáticas de España | 225 |
| E. | Demandas y emisiones de CO_2 por zona climáticas | 239 |
| E.1. | Demandas de calefacción | 239 |
| E.2. | Demanda de refrigeración | 239 |
| E.3. | Emisiones de $kgCO_2/m^2$ por ciudades | 239 |